

F. García Bazán; M. Dankert; F. Gratton; E. Crivelli; G. Prospero; O.
Beltrán; R. Ferro; A. Clausse; G. Brenci; L.B. Archideo

EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

**La visión del mundo del investigador
y la incidencia en su trabajo científico**

Lila Blanca Archideo
(Coordinadora)

**Un Linceo y su visión del mundo físico:
Galileo Galilei**

Fausto Gratton

CIAFIC
ediciones

Centro de Investigaciones en Antropología Filosófica y Cultural
de la Asociación Argentina de Cultura

Epistemología de las ciencias / Lila Blanca Archideo ... [et al.] ;
compilado por Lila Blanca Archideo ; con prólogo de Lila Blanca
Archideo. - 1a ed. - Buenos Aires : CIAFIC Ediciones, 2007.
285 p. ; 23x16 cm.

ISBN 978-950-9010-53-6

1. Filosofía. I. Archideo, Lila Blanca, comp. II. Archideo, Lila
Blanca, prolog.

CDD 190

© 2007 CIAFIC Ediciones

Centro de Investigaciones en Antropología Filosófica y Cultural

Federico Lacroze 2100 - (1426) Buenos Aires

e-mail: ciafic@fibertel.com.ar

Dirección: Lila Blanca Archideo

Hecho el depósito que marca la ley 11.723

Impreso en Argentina

Printed in Argentina

La realización de este simposio fue subsidiada en parte por el Consejo
Nacional de Investigaciones Científicas Técnicas (2005)

UN LINCEO Y SU VISIÓN DEL MUNDO FÍSICO: GALILEO GALILEI

*Fausto Gratton**

*“Così vidi adunar la bella scola
Di quel signor dell’altissimo canto
Che sovra li altri com’aquila vola.”*

(Inf. IV, 94, Dante)

1. PREÁMBULO

Voy a describir un período de cambios extraordinarios en la concepción del mundo, a través de la vivencia de Galileo Galilei, Linceo, - o sea, de un miembro de la Academia de sabios que escrutan con ojos de Linceo argonauta - y según E. Mach padre de la física experimental. No soy historiador, ni versado en estudios de historia de la ciencia. Mi competencia se limita a una rama particular de la física. Pero puedo exhibir una modesta credencial de lector curioso y atento de la evolución de la física. El material fáctico de este ensayo se basa en la obra de historiadores como Boas, Bellone, Butterfield, Holton, Santillana, o Stillman Drake, que se indica en la bibliografía. Naturalmente, los eventuales errores de interpretación son míos. En lo que atañe a algunos puntos de filosofía o de teología, que se mencionan en el texto, los colegas y amigos de tantos Simposios en La Armonía conocen mis limitaciones y saben que espero su indulgencia.

2. LA VISIÓN MEDIEVAL DEL MUNDO

Sin embargo, ya en la Edad Media - como ha recordado el Prof. G. Prospero en varias ocasiones - aparecen pensadores que critican la

* Profesor titular de Física en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires, investigador superior del CONICET. Director del Instituto de Física del Plasma (CONICET-FCEyN/UBA) y académico titular de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires.

física de Aristóteles, e incluso algunos aspectos de su metafísica. Ockham, Roger Bacon, Buridan, Grosseteste, Oresme, entre otros, son precursores de un cambio de concepción de la física que luego de ser eclipsada por un retorno del aristotelismo en las Universidades, pudo florecer plenamente con Galilei. Otro aspecto crítico deriva de las complicaciones del sistema Tolemáico, que para dar cuenta del movimiento aparente de los planetas con la precisión creciente de las observaciones, “*para salvar las apariencias*” como se decía entonces, precisaba introducir un gran número de mecanismos celestes “*ad hoc*”. Estos eran esferas menores vinculadas a esferas más grandes, en una sucesión de esferas cada vez más artificiosa.

Esta concepción del universo no fue inventada por Dante. Pero como uno de los grandes genios de la humanidad nos presenta un cuadro inspirado del saber de su tiempo. Una visión que compartieron los más brillantes intelectos por muchos siglos. La Tierra, al centro del mundo, está constituido por materiales que son mezclas de los cuatro elementos, tierra, agua, aire y fuego, los cuales tienden cada uno hacia su esfera propia, en los movimientos naturales. Según la Divina Comedia, desde la creación la esfera de las aguas se ha desplazado hacia el hemisferio austral por acumulación del elemento tierra en el hemisferio boreal. El Purgatorio es ubicado por Dante en las antípodas de la ciudad de Jerusalem. El Purgatorio, ausente en la Sagrada Escritura puesto que es una invención de la piedad medieval, es descrito como un monte que se eleva hacia las esferas celestes.

Luego de la tierra y el agua, está la esfera del aire y más arriba la del fuego, que cierra el mundo Sublunar, lugar de las cosas que se corrompen y cambian. Por encima, en cambio están las esferas celestes, donde las cosas nunca decaen porque están formadas por un elemento especial, la quintaesencia. Siguen las esferas a la manera del sistema Tolemaico, con el Sol en la cuarta esfera a partir de la esfera de la Luna, que es la primera. Luego continúan las esferas de los planetas, que culmina la esfera de las estrellas fijas. El movimiento de las esferas es guiado por espíritus angélicos.

La última esfera, sin materia visible, es la esfera cristalina del Primer Motor, correspondiente a la doctrina aristotélica del Motor Inmóvil, establecida por Dios para mantener girando el sistema. El

movimiento por inercia no se concebía en esta visión física: todo lo que se mueve es movido por otro, “*omnia quod movetur ab alio movetur*”. Por encima están el Paraíso y el Cielo Empíreo, morada de aquellos justos que disfrutaban la contemplación de Dios. Para Dante, que refleja las cumbres de la teología medieval, Dios es el supremo motor de todas las cosas, de Él emana *la gloria di colui che tutto move* (Par IV, 25) y es al mismo tiempo el Bien supremo, *l'amor che move il sole e l'altre stelle* (Par.XXXIII, 145). El Universo de Dante es tan atrayente para nosotros luego de siete siglos, porque incorpora los elementos morales y teológicos de su época a la cosmología física, y por consiguiente - como nota Gerald Holton - le confiere a esta un sentido humano integral.

El sistema Tolemaico está simplificado en el Paraíso de la Divina Comedia, es decir sin las ochenta o más esferas auxiliares, necesarias para reproducir detalladamente el movimiento aparente de los planetas. De Aristóteles (384-322 BC) provenían, en cambio, las doctrinas físicas que dan el fundamento a este esquema del mundo. Para Dante, Aristóteles fue “*il maestro di color che sanno*”, el más famoso e influyente filósofo de la Antigüedad, posición preeminente que sólo Platón podía disputarle. Como es sabido la obra de Aristóteles fue redescubierta por sabios árabes, Avicenas y Averroes entre los más notables y traducida al Latín sostuvo el desarrollo del pensamiento Medioeval. Santo Tomás (c.1224-74) reconcilió la filosofía de Aristoteles con la teología



◀ Fig.1. Claudio Tolomeo, autor del Almagesto, circa 140 Annus Domini

Fig.2. La cosmografía geocéntrica: esquema del Universo según Apiano, 1539. La física de esta concepción se basaba en Aristóteles. ▶



Cristiana en una gran síntesis de saber, la Summa Teológica. El pensamiento de Santo Tomás dio origen a un movimiento filosófico que dominó la escena europea desde el 1200 hasta el 1600.

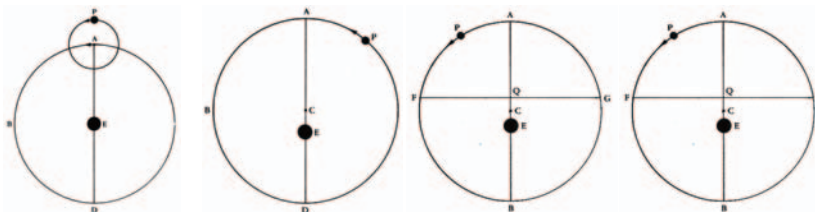


Fig.3a

Fig.3b

Fig.3c

Fig.3d

Fig.3 a,b,c,d. Elementos geométricos que ilustran las complicaciones del sistema Tolemaico, (3a) epiciclo, (3b) excéntrico, (3c) ecuante y su (3d) combinación

3. EL SISTEMA COPERNICANO DEL MUNDO

En el siglo XVI aparece en escena Copérnico y se inicia una reforma del sistema del mundo. Nicolás Copérnico (1473-1543) fue astrónomo y hombre de iglesia. Realizó estudios en Roma y fue después canónigo en la catedral de Frauenburg (Alemania). El sistema heliocéntrico era una auténtica revolución en la visión cosmológica, pero por la índole del autor y la lentitud de la difusión de sus ideas se puede emplear un “*oximoron*” para calificarla de revolución conservadora. Una razón importante, que sin duda limitó tanto la obra cuanto la misma confianza de Copérnico en su tesis, fue la falta de una física nueva para reemplazar la Aristotélica que estaba imbricada en el Sistema Tolemaico. ¿Cómo hablar del movimiento de la Tierra alrededor del Sol sin chocar con la física de Aristóteles que se fundaba en la experiencia del sentido común.

Por otra parte, para salvar las apariencias siempre sobre la base de la rotación de esferas como elemento de construcción, el sistema Copernicano a su vez incurría en un notable grado de complicación. La gran simplicidad de la nueva visión astronómica para explicar en primera aproximación lo observado, se iba perdiendo a medida que se pretendía calcular las efemérides de los planetas con mayor precisión. Había que suponer otra vez esferas más chicas ligadas a las más grandes. A ese punto, muchos astrónomos preferían seguir haciendo

los cálculos con el viejo sistema, que ya había sido corregido con esos mismos artificios para dar la precisión requerida.



Fig.4. Retrato de Copérnico.

evidencia recién en el siglo XIX. En la Edad Media y el Renacimiento no se concebía que las distancias a las estrellas pudieran ser descomunales y fuera de proporción respecto de las estimaciones, por ejemplo, de la distancia Sol - Tierra conocidas desde la antigüedad.



Fig.5. La página del tratado *De Revolutionibus Orbium Coelestium* con la figura del sistema heliocéntrico

Finalmente, una crítica natural que alcanzaba al nuevo sistema era la ausencia del paralaje anual de las estrellas brillantes (más cercanas) respecto de las tenues (más lejanas), es decir de un movimiento circular aparente, que reflejara sobre la esfera celeste el movimiento anual de la Tierra alrededor del Sol. Tal paralaje existe, pero es pequeño debido a la enorme distancia de las estrellas aún las más cercanas y estaba fuera del alcance de las observaciones a ojo desnudo de esa época. Fue puesto en

Es difícil despojarnos de la concepción actual para comprender los obstáculos franqueados por los grandes pioneros. Es necesario distinguir entre precedentes arcaicos, que podemos calificar como prematuros, i.e., sin influencia en la historia del pensamiento científico y momentos de madurez de la comunidad intelectual, que resultan aptos para la aceptación de nuevas ideas y descubrimientos. Hubo, ciertamente, nociones astronómicas de avanzada en el mundo antiguo. Cabe mencionar, entre otros, Aristarco de Samos, que enseñaba una teoría heliocéntrica, con la Tierra y demás planetas orbitando alrededor del Sol. Eratóstenes que en *c.*250 BC estimó la circunferencia de la Tierra, e Hiparco de

Nicea, quizás el más grande de todos los astrónomos de la antigüedad, que descubrió la precesión de los equinoccios cuya explicación recién fue dada por Newton. Hiparco también estimó la distancia al Sol y demostró que la Luna y el Sol estaban a enormes distancias comparadas con el tamaño de la Tierra. Pero las ideas y los trabajos de estos pioneros no prevaleció en su época, y con el predominio de la obra de Tolomeo su influencia posterior se fue desvaneciendo.

En 1543 se publicó el libro de Copérnico *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (que, según se dice, pudo tener en sus manos en su lecho de muerte) donde introdujo el modelo heliocéntrico del sistema planetario. El prefacio del libro, escrito por Ossianer, un teólogo protestante, estima que el nuevo sistema debe ser considerado sólo como un artificio matemático, no como una realidad. Pero es casi seguro que Copérnico estaba convencido de la verdad de su concepción. El trabajo de recalcular todos los movimientos planetarios según el nuevo esquema ocupó toda su vida y una serie de hechos astronómicos militaban a favor del nuevo sistema. Debe ser considerada legendaria la noción de que no publicaba por temor a las persecuciones, siendo muy probable que dudara en publicar para evitar el ridículo que provocaría una tesis contraria a las apariencias en gente no preparada en estos temas. Dió a conocer por anticipado algunos resultados, mucho antes de su muerte, en su *Commentariolus*. Su discípulo Rheticus fue autorizado a publicar un informe preliminar sobre el nuevo sistema en 1540. Es más, su trabajo era conocido por el Papa y comentado favorablemente en altos círculos de la Iglesia Romana. No puede darse mayor contraste entre el carácter esencialmente conservador y cauteloso de su autor, y el resultado revolucionario para el pensamiento científico y filosófico que produjo con el pasar del tiempo su obra.

En 1620, en respuesta a la difusión de las ideas heliocéntricas y al agrio debate acerca del movimiento de la Tierra ocasionado por las enseñanzas y publicaciones de Galilei, seguido por denuncias a las autoridades eclesiásticas, la Congregación del Index Librorum Prohibitorum publicó un total de diez correcciones al tratado de Copérnico, con lo cual los Católicos podían volver a leer y discutir el libro, que había sido prohibido en 1616. Una de las correcciones puede ser considerada típica. Donde Copérnico había escrito “la

demostración del triple movimiento de la Tierra” la corrección manuscrita dice “la demostración de la hipótesis del triple movimiento de la Tierra” Correcciones similares aparecen en otros nueve lugares para asegurar que el sistema matemático sea interpretado solamente como una hipótesis para el cálculo.

El Sistema Copernicano trata la tierra como uno de los planetas que giran alrededor del Sol. La Luna gira alrededor de la Tierra como en el Sistema Tolemaico. Los planetas se sustentan en esferas celestes como en el viejo sistema. La física subyacente no era modificada por Copérnico y esto pronto pondría en evidencia las contradicciones del esquema con las doctrinas Aristotélicas. Copérnico conservo los epiciclos con esferas auxiliares, como en Tolomeo, pero se rehusó a considerar eferentes (esferas no concéntricas). A pesar de la gran innovación, todavía necesitaba más de treinta esferas para el sistema solar. Con todo conseguía una simplificación parcial del pesado Sistema Tolemaico. La rotación observada de las estrellas fijas era debida al movimiento real de rotación diurna de la Tierra sobre su eje, mientras la Tierra seguía su curso alrededor del Sol. Los lazos retrógrados de los planetas externos (respecto de la órbita de la Tierra) sobre el cielo estrellado, se debían a un efecto de perspectiva originado por el movimiento relativo de los planetas respecto de la Tierra. Venus y Mercurio eran ubicados correctamente como planetas internos (a la órbita terrestre). El Sol ya no era considerado como un planeta.

Mientras tanto las observaciones astronómicas se hacían más precisas y nuevas ideas se incorporaban a las propuestas copernicanas. En el observatorio de Uranjborg en Dinamarca, Tycho Brahe (conocido como Ticone, en Italia) realizó las más avanzadas y precisas observaciones astronómicas de la época con un gran cuadrante de bronce para fijar la posición de las estrellas fijas y el movimiento de los planetas. Tycho Brahe, el astrónomo de mayor autoridad de su tiempo, propuso un sistema intermedio entre el Copernicano y el Tolemaico. Las observaciones de Uranjborg sobre la órbita de Marte permitieron a Johannes Kepler el descubrimiento de las trayectorias elípticas. Junto con el Sistema Copernicano, dieron a Kepler los elementos necesarios para formular sus tres leyes sobre el movimiento planetario. Junto con el aporte de Galilei, abrieron el camino para la gran síntesis de la mecánica de Newton

4. GALILEO GALILEI LEVANTA SU ANTEOJO HACIA EL CIELO

Como hemos señalado la teoría Copernicana no fue aceptada al comienzo porque su basamento en función de la ciencia de la época era precario, contradecía la física aristotélica dominante y no tenía, por el momento, buenos argumentos a favor. Más adelante, cuando el edificio del aristotelismo académico comenzó a peligrar debido a las ideas copernicanas, sobre todo por la agresiva labor de argumentación y propaganda de Galilei, la oposición del *establishment* profesoral universitario de la época pronto adquirió el carácter de una guerra ideológica, que consiguió involucrar a la Iglesia Romana en el conflicto.

Galileo Galilei nació en 1564, el mismo año en que nacía Shakespeare y moría Michelangelo. Galilei es considerado el fundador de la dinámica y el principal responsable del nacimiento de la nueva física, en frontal oposición con la tradición Aristotélica dominante en las Universidades de su tiempo. Fue el primero en utilizar el anteojo de larga vista para observaciones astronómicas, realizando descubrimientos de gran repercusión en el mundo intelectual europeo, cuya consecuencia fue el derrumbe de la cosmovisión medieval y el triunfo del Sistema Copernicano. Hijo de un músico distinguido, Vincenzio Galilei, autor de un tratado musical, *Dialogo della musica antica e della moderna*, él mismo era buen músico y gustaba de tocar el laúd, estudió en la Universidad de Pisa, primero medicina y luego matemática. Su genio científico se manifestó pronto. Era muy joven cuando descubrió la ley del isocronismo del péndulo. A los veintidós años Galilei había inventado una balanza hidrostática. Tenía veinticinco años cuando comenzó a dictar clases en la Universidad de Pisa. En unos pocos años más su reputación como excelente científico y estupendo docente comenzó a difundirse por toda Europa.

En 1610, en el período de la publicación del Sidereus Nuncius, Galilei descubrió el extraño aspecto de Saturno, el cual visto con su primitivo telescopio - que daba imágenes imperfectamente definidas - aparecía como un cuerpo central acompañado por dos cuerpos menores, casi en contacto a ambos lados. A falta de tiempo para un estudio riguroso, pero deseoso de asegurar el reconocimiento de su prioridad en el descubrimiento envió un anagrama, como era costumbre de la época, a Juan Kepler:

salve umbistineum gemitatum Martia proles

el cual esconde el verdadero mensaje constituido por las mismas letras,

altissimum planetam tergeminum observavi.

La singularidad del astro se acentuó en 1612 cuando la imagen telescópica mostró un cuerpo único, debido a que los anillos habían desaparecido para la observación desde la Tierra, cuya órbita estaba cruzando el plano en el cual yacen los anillos. ¡Crono había devorado los dos hijos! Saturno continuó causando asombro porque más adelante Galilei observó que las protuberancias menores habían reaparecido. Sólo unas cuatro décadas más tarde el eminente físico holandés Christiaan Huygens, recordado entre otras contribuciones por su “Horologium Oscillatorium” y el cálculo de la fuerza centrífuga, empleando un telescopio mejor pudo correr el velo del misterio e interpretó correctamente las observaciones atribuyendo el fenómeno a un anillo plano que rodea el astro con una inclinación importante respecto del plano de la órbita del planeta. Pero recién en 1857 el mayor físico del siglo XIX - considerado una alta cumbre de toda la historia de la física - James Clark Maxwell, pudo demostrar a partir de los principios de la mecánica celeste que los anillos podían ser estables sólo si estaban compuestos por un gran número de partículas.

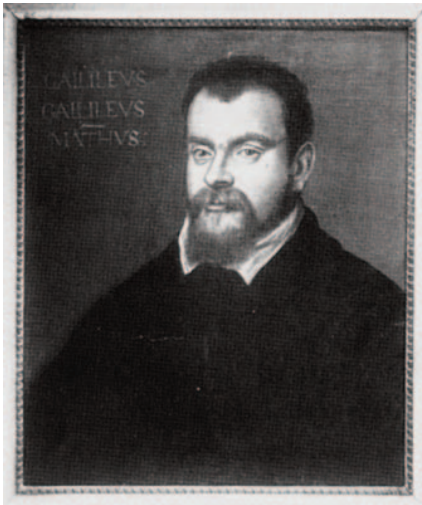


Fig.6a



Fig.6a

Fig.6a y 6b. Retratos de Galilei en distintas épocas de su vida

En algún momento de la década final del 1500 Galilei vuelca su simpatía hacia el sistema de Copérnico. Hay una carta a Johannes Kepler de 1597 donde admite haber aceptado la concepción heliocéntrica (al igual que Kepler quien había estudiado el movimiento planetario) y descubierto a partir de esa idea la causa de muchos efectos naturales que no se entenderían con la teoría tradicional. También le dice a Kepler que ha mantenido sus conclusiones dentro de un círculo limitado de amistades, vista la oposición del vulgo a las ideas de Copérnico.

La figura de Galilei es fascinante: además de pensador original, escritor elegante e ingenioso, fue hombre con gran sentido práctico, inquieto, creativo, y vital. En él encontramos los temas centrales de la relación entre ciencia, visión del mundo, y sociedad: hizo física combinando experimentos, proyectados especialmente, con demostraciones matemáticas, dejó asentadas nociones sobre teoría del conocimiento y método científico que aún hoy conservan su fuerza, y sufrió de lleno el embate del “establishment” universitario, coaligado al poder político de su época.

En 1592 fue nombrado Profesor de Matemática en Padua, donde realizó trabajos importantes sobre el movimiento de los cuerpos. Pudo probar que la noción aristotélica de que objetos con diferentes pesos caen con diferentes velocidades es falsa (aunque el relato de sus experimentos en la célebre *Torre de Pisa* parece ser una leyenda). Llegó al convencimiento de que un cuerpo continua moviéndose con velocidad constante en línea recta a menos que intervenga un agente externo (principio de inercia, aunque su formulación no fuera completa), contrariando el principio de que todo movimiento necesita de un agente motor, de la física de Aristóteles. En 1604 probó por vía teórica (con algunas falencias en la deducción como él mismo admitió corrigiéndose en el *Dialogo sui Massimi Sistema del Mondo*) y experimental, que los cuerpos en caída libre aumentan su velocidad uniformemente con el tiempo y formuló la ley del movimiento parabólico. Estas nociones fueron fundamentales para Newton más de medio siglo más tarde.

Stillman Drake, uno de los mayores estudiosos de la obra de Galilei en el siglo que acaba de pasar, pudo reconstruir detalladamente

a través del análisis de sus notas, los experimentos efectivamente realizados por Galilei. Las notas, difíciles de descifrar, no habían sido debidamente valoradas. Con las investigaciones históricas de Stillman Drake, publicadas en 1979, caen las hipótesis formuladas precedentemente por otro distinguido historiador de la ciencia, Alexander Koyré (en *Estudios Galileianos*) de que los experimentos de Galilei fueron “experimentos imaginados” pero nunca llevados a la práctica, por no ser posibles (según Koyré) con las técnicas de principios del 1600. Hipótesis que Koyré reforzaba atribuyendo una fuerte influencia del neoplatonismo en el pensamiento de Galilei.

Galilei, en cambio fue un hombre práctico, alejado de todo esnobismo hacia las tareas artesanales, típico de cierto Platonismo de corte aristocrático (en boga durante el Renacimiento) que consideraba las ciencias como técnicas inferiores, incapaces de alcanzar verdadero conocimiento. La vida familiar de Galilei fue atormentada por penurias económicas, por ello no desdeñaba hacer horóscopos para aumentar sus ingresos, y montó un taller en su casa para construir instrumentos, como *Il compasso geometrico e militare del Galilei*, que luego vendía.

Sucede que a Koyré el pasaje de Galilei en las *Dos Nuevas Ciencias* de 1638 sobre el cuidado que tomó para llevar a cabo sus experimentos le sonaba demasiado ampuloso y poco convincente, y llegó a preguntarse si Galilei había realmente hecho las experiencias o estaba describiendo sólo experimentos imaginados. Por suerte para la reputación de Galilei, algunas páginas de sus pruebas experimentales (realizadas 30 años antes) han sido halladas y estudiadas como dijimos. Los análisis de sus notas de laboratorio sugieren algunas razones por las cuales tal vez quedaron sin publicar: los cálculos se limitaban a reglas de proporcionalidad, no hay todavía un uso del álgebra (las elegantes demostraciones geométricas de Newton vendrán sólo décadas después), no se escribe la ley de la caída libre como $\frac{1}{2}gt^2$. En lugar de esto se describen los resultados en palabras “*las distancias viajadas, durante intervalos iguales de tiempo, por un cuerpo que cae a partir del reposo se siguen una a otra en la misma razón que los números impares a partir de la unidad*”.

Holton sostuvo la interpretación de que al expresar la ley de este modo oscuro para nosotros, para Galilei lo que importaba era, más que



Fig.7. El mensajero de los astros, *Sidereus Nuncius*, 1610, la obra que hizo famoso Galilei en toda Europa, con dedicatoria de su puño y letra

astronómicas. Aunque intentó sin éxito venderlo para uso militar, se convirtió en cambio en el primer astrónomo que realizó descubrimientos con el nuevo instrumento. Supo comprender su importancia y los pu-

el experimento particular, la demostración de que los fenómenos terrestres pueden ser explicados por la operación de los números enteros - como los pitagóricos habían soñado. Es decir, que Galilei estaba todavía comprometido en una búsqueda de verdades cósmicas, tendencia que poco a poco iba a ser frenada y desplazada durante el desarrollo de la ciencia moderna. Sin embargo, como hemos dicho, Drake no comparte la tesis de Koire acerca de la predominancia del neoplatonismo en el pensamiento de Galilei.

En 1609 en Venecia tuvo noticias de la invención del largavista. Enseguida se puso a trabajar y perfeccionó un antejo, que llegó hasta 30 aumentos, y que pronto empleó para observaciones

◀ Fig.8a

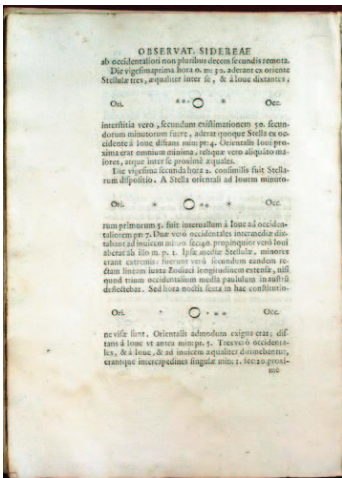


Fig.8b ▶



Fig.8a y 8b. El descubrimiento de los satélites de Júpiter, y apuntes de Galilei de las observaciones

blicó rápidamente en 1610 en un pequeño fascículo: el *Sidereus Nunci*, un librito que se difundió inmediatamente y despertó una tremenda curiosidad en toda Europa. En el curso de las observaciones descubrió que la superficie de la Luna estaba surcada por montañas, cuya altura estimó, y que la Vía Láctea se resuelve por la fuerza del antejo en una colección de estrellas. Resolvió así el enigma acerca de su naturaleza, duda resumida en los versos de Dante: «Come distinta da minori e maggi / lumi biancheggia tra' poli del mondo / Galassia sí, che fa dubbiar ben saggi» (*Par. XIV, 97-99*).



Fig.9. Galilei es incorporado a la *Accademia dei Lincei* en Roma, 1611

Descubrió un sistema planetario en miniatura formado por cuatro satélites que giran alrededor de Júpiter. En el mismo año 1610 descubrió que Venus presentaba fases como las de la Luna. Esto lo convenció de la verdad del Sistema Copernicano, y de la necesidad de desarrollar una nueva física que pudiera dar cuenta de las observaciones y sustentar un nuevo sistema del universo, con propiedades físicas de la tierra y de los cielos, unificadas. Estas evidencias junto con sus análisis sobre los cometas y una *stella nova* (una supernova) que aparecieron en ese tiempo, lo movieron a poner en tela de juicio la distinción entre el mundo sublunar variable y decadente, y el mundo de la materia incorruptible de las esferas celestes.

El astrónomo jesuita Christoph Scheiner realiza observaciones sobre las manchas solares pero en este descubrimiento realizado en 1611, fue precedido por Galilei por poca diferencia de tiempo. La física Aristotélica, y la antigua tradición del Sol como astro perfectísimo llevaron a Scheiner a atribuir las manchas al pasaje de pequeños planetas oscuros. Galilei propuso la explicación correcta y refutó la tesis de Scheiner. Su *Istoria e Dimostrazioni intorno alle macchie Solari e loro Accidenti*, por el Signor Galileo Galilei Linceo, fueron publicadas con el auspicio de la Academia dei Lincei en 1613. Los Linceos insistieron en poner un prefacio, a pesar de la oposición de Galilei, en el cual se afirmaba su prioridad sobre la observación de las manchas del Sol. Ello

derivó en un distanciamiento entre Galilei y los jesuitas. Una Orden que siempre supo distinguirse en las ciencias y que hasta entonces había sido cordial con Galilei. Se fastidiaron con él por lo que vieron como una injusticia hacia un sabio de su Orden. Los jesuitas eran poderosos e influyentes en Roma, y el episodio con Scheiner finalmente perjudicó muy seriamente a Galilei. Más tarde en 1530, Scheiner, publica un voluminoso tratado sobre el argumento que contiene un violento ataque contra Galilei, incluyendo la acusación - infundada - de plagio.

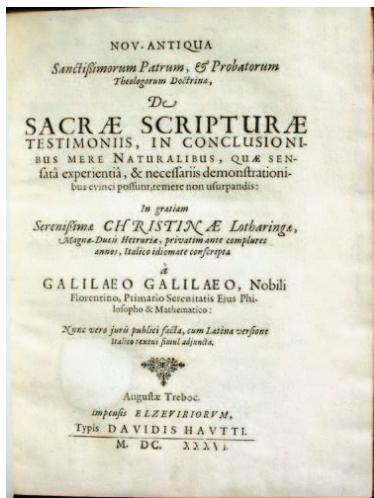


Fig.10. La célebre *Carta a Cristina* de 1613, publicada posteriormente

La distinción entre una física para las esferas celestes, y otra física distinta para el mundo sublunar, para Galilei quedaba desmentida por las nuevas observaciones. Sin embargo fue defendida tenazmente, junto con la inmovilidad de la Tierra, por el Aristotelismo que dominaba en las Universidades. Comienzan ataques personales contra Galilei, y calumnias acerca de su presunta irreligiosidad. Para defenderse de esta última acusación en 1613 envía, por vía privada, a la Granduchesa Madre, Christina de Lorena, una carta explicando su posición en materia de religiosa y su

visión acerca de las relaciones entre ciencia y fe. Esta célebre *Carta a Cristina* fue publicada posteriormente luego del proceso a Galilei. En esta materia Galilei se anticipa a su tiempo con argumentos de gran actualidad, que vamos a comentar en la última sección.

Los principales enemigos de Galilei eran algunos filósofos atrincherados en el mundo universitario, estos profesores buscaron apoyos clericales e influencias en ambientes teológicos. “*Chi non vuol camminare alla cieca, bisogna che si consigli con Aristotele, ottimo interprete della natura*“, porque “*la natura stessa ha parlato per bocca di Aristotele*“, así afirmaba Jorge Goresio en una obra de 1612, donde criticaba posturas de Galilei. Ludovico dalle Colombe, filósofo de Florencia, encabezaba la liga contra Galilei. Como consecuencia de estas

movidas, finalmente Roma tomó oficialmente partido contra la idea Copernicana del movimiento de la Tierra.



Fig.11. Retrato del Cardenal Roberto Bellarmino

de Bellarmino era: bástele al *matemático* desarrollar hipótesis de fantasía, para facilitar las cuentas y *salvar las apariencias*, pero sin darles ningún valor real.

Era la posición de Ossiander, que volvemos a encontrar, *mutatis mutandis* y cambiados los tiempos en algunos físicos y filósofos de la ciencia del Siglo XX días, en relación con los problemas del conocimiento en el mundo atómico. *Mi vien serrata la bocca*, escribió Galilei en una carta a Piero Dini, funcionario del Vaticano. Bellarmino, de todas maneras, le dió una carta firmada sobre lo sucedido durante la cita ante la Inquisición, para ponerlo a cubierto de las maledicencias. Porque, en efecto, le prohibió enseñar que la tesis Copernicana era verdadera, en cuanto esto se había decretado ser contraria a las Escrituras, pero no le prohibió discutir libremente el Sistema Copernicano como hipótesis *para salvar las apariencias*. Como veremos esta defensa no fue suficiente en 1633, cuando sus enemigos decidieron terminar con él.

Animado por la elección de Maffeo Barberini, al trono papal como Urbano VIII, quien lo había distinguido con su protección como Arzobispo de Florencia y le hizo algunas demostraciones de aprecio, Galilei publica en 1623 *Il Saggiatore*, una aguda polémica contra uno de sus enemigos que había publicado un libro atacando sus ideas. En *Il Saggiatore*

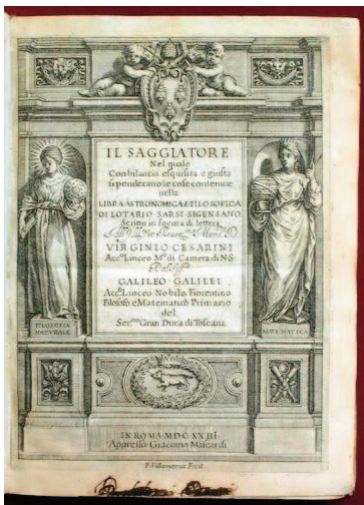


Fig.12. *Il Saggiatore*, publicado por la Accademia dei Lincei en 1623, en el cual Galilei expone algunas nociones de su teoría del conocimiento científico.

dueño de casa, el amable componedor, tolerante y abierto a las nuevas ideas. A través de la pluma de Galilei, Simplicio el personaje que lleva la voz del Aristotelismo en su famoso *Diálogo sui Massimi Sistemi del Mondo*, se queja así:

Este modo de filosofar tiende a la subversión de toda la filosofía natural, y a desordenar y dismantelar el cielo, la Tierra, y todo el universo. Pero yo creo que los fundamentos de los Peripatéticos son tales, que no hay que temer que con su ruina se puedan construir nuevas ciencias.

A lo cual, Galilei le hace responder:

La filosofía misma no puede sino beneficiarse por nuestras disputas, porque si nuestros pensamientos serán verdaderos, nuevas conquistas se habrán hecho, si son falsos, al rebatirlos mayormente se verán confirmadas las primeras doctrinas.

Aparecía un agudo conflicto en las relaciones entre ciencia y filosofía, que debía llevar con el tiempo a una separación de las incumbencias de estas disciplinas.

(el “ensayador“, el que prueba la calidad de los metales preciosos) Galilei deja escritas, mezcladas entre el fárrago de la discusión, algunas perlas sobre su concepción de la ciencia experimental y deductiva que estaba ayudando a nacer. En la sección final vamos a considerar los puntos más significativos de esta epistemología Galileiana.

En 1632 Galilei, presentó sus argumentos en un libro, *Dialogo sui Massimi Sistemi del Mondo*, escrito en forma de una discusión entre tres personajes. Salviati, el agudo pensador y portavoz de las ideas de Galilei, Simplicio, el Aristotélico convencido e irreductible, pero honesto y caballeresco, y Sagredo, un distinguido



Fig.13. Frontispicio del famoso *Dialogo* de Galilei sobre los *Máximos Sistemas del Mundo, Tolemaico y Copernicano*, publicado en 1632. Se representan Aristóteles, Tolomeo y Copérnico debatiendo sobre la estructura del universo. Es el *gran libro* con el que se puso en marcha la física y la astronomía moderna.

El *Dialogo* era una cerrada demolición de la física aristotélica y una valiente defensa del Sistema Copernicano. Se difundió y estudió en toda la Europa pensante, tuvo grandísima influencia para la aceptación del sistema Copernicano y asimismo sirvió de estímulo a la elaboración de una nueva física que fuera soporte de esa visión astronómica. Sin embargo, a fin de evitar la censura eclesiástica, el libro terminaba poniendo diplomáticamente en boca de Salviati un elogio *di un salutifero editto* de la Iglesia Romana, del cual había sido notificado Galilei en 1616 como dijimos, y concluía diciendo que el Sistema de Copérnico no se podía tener por verdadero. Pero, a partir del Concilio de Trento, la Iglesia Romana se había vuelto más in-

transigente con los desvíos doctrinarios y cuando los consideraba peligrosos para su política temporal procedía sin miramientos ni concesión de atenuantes.

Las facciones interesadas siguieron intrigando y con la publicación del *Dialogo* en 1633 lograron que el Papa, quien lo había defendido en otras ocasiones como Arzobispo de Florencia, ahora como Urbano VIII se ofendiera con Galilei al reconocer alguna opinión propia puesta en boca del personaje Simplicio. En verdad, alguien le llevó al Papa (Stillman Drake piensa que las probabilidades apuntan a Scheiner) un memorando no firmado de 1616, documento sin valor legal que debió ser destruido entonces, el cual hacía aparecer a Galilei como desobedeciendo una orden expresa del Santo Oficio (esto es, la de no tratar de ninguna manera la tesis Copernicana, lo cual falsea el contenido de la admonición de Bellarmino). El *Diálogo* fue considerado herético y Galilei fue llevado a juicio, a pesar de contar

con considerables apoyos, incluso de altos eclesiásticos, que trataron de intervenir por él, pero la tormenta ya estaba desatada. Condenado, tres Cardenales se abstuvieron de firmar contra Galilei, entre ellos Francesco Barberini, sobrino del pontífice Urbano VIII. Fue forzado a abjurar,

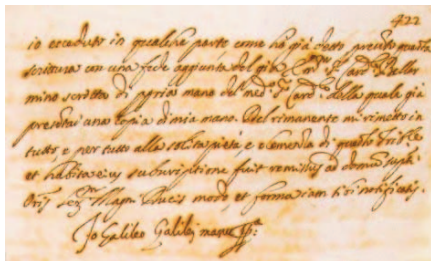


Fig.14. El documento de abjuro firmado por Galilei

“Con cuor sincero e fede non finta abiuro, maledico e detesto li sudetti errori e heresie...”,

y fue puesto bajo arresto domiciliario por el resto de su vida. Por razones de edad y como gesto humanitario en consideración a su precaria salud, se permitió que residiera por un tiempo

con el Arzobispo de Siena, Ascanio Piccolomini, admirador y amigo afectuoso, cuya comprensión y cuidados le salvaron la vida y su equilibrio mental.

La evidencia reunida por Stillman Drake en largos años de estudios sobre Galilei, es que fue un hombre religioso y buen católico. Que no se expresó en forma convencional, sino que deliberadamente asumió riesgos al exponer lo que creyó sinceramente era la mejor posición para la Iglesia Romana en la cuestión de las Sagradas Escrituras y los Sistemas Astronómicos. Sus demostraciones de celo católico no fueron fingidas, sino profundamente sentidas. Estando así las cosas, se acentúa en nosotros la impresión de asistir a un drama que causa el relato del juicio a Galilei y la sensación de que pudo haber sido evitado, a pesar de las intrigas orquestadas en su contra, si no se hubieran interpuesto causas accidentales.

El último libro de Galilei fue *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a due Nuove Scienze*, (publicado en Holanda en 1638, por la prohibición que pesaba sobre él) donde también en forma de diálogo, pone los cimientos para la nueva mecánica, consolidando su trabajo sobre el movimiento acelerado de los cuerpos. El libro fue dictado, porque el autor ya estaba casi ciego. Falleció pocos años después en 1642. Su obra fue continuada, principalmente por

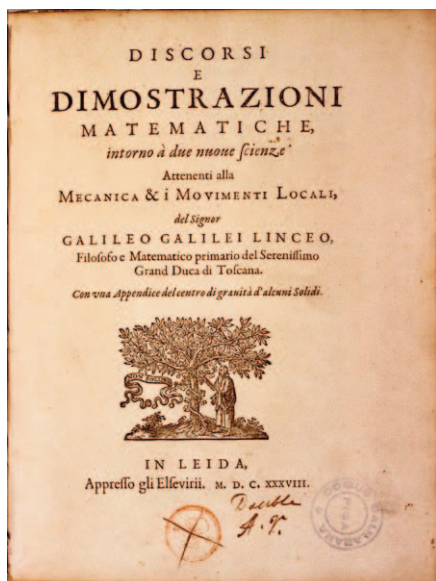


Fig.15. Reproducción del frontispicio de una obra fundamental: *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche intorno a due noue scienze*, publicado en 1638, que condensa sus deducciones sobre la nueva física y los experimentos realizados treinta años antes y con la cual Galilei se despidió del mundo científico

Christiaan Huygens (1629-95) y como se sabe, fue llevada a la culminación por Isaac Newton (1642-1727). Por tanto el poeta Hugo Fóscolo pudo escribir de Galilei: “...quien vio bajo el etéreo pabellón rodar los mundos, y el Sol irradiarlos inmóvil, de modo que al Inglés que allí extendió sus grandes alas le despejó, y fue el primero, las vías del firmamento”. En el original italiano:

*...chi vide
sotto l'etereo padiglion rotarsi
più mondi e il Sole irradiarli
immoto,
onde all'Anglo che tanta ala vi
stese
sgombrò primo le vie del
firmamento. (Foscolo, I
Sepolcri, 160)*

5. LA VISIÓN DEL MUNDO ANTES Y DESPUÉS DE GALILEI: DISCUSIÓN FINAL

He concentrado en cuatro cuestiones algunas reflexiones sobre la evolución de la visión científica del mundo a comienzos de la edad moderna, en la que Galilei tuvo tanta participación.

Alienación

Hoy que ciencia, arte y religión siguen cada una su curso, casi sin hablarse, en esferas separadas, se siente nostalgia por el viejo mundo de Dante. Arthur Koestler en *Los Sonámbulos* expresa esa desazón: “Cada una de las cualidades primarias ‘últimas’ e

‘irreducibles’ del mundo de la física demostró ser, a su vez, una ilusión. Cada avance en la teoría física, que constituye una rica cosecha en la técnica, conllevó una pérdida de inteligibilidad Comparado con la imagen del mundo del físico moderno, el universo Ptolemaico de epiciclos y esferas de cristal era un modelo de cordura. La silla en que me siento parece un hecho real y sólido, pero sé que estoy sentado en un vacío casi perfecto... Esas ondas, pues, sobre las que me siento, que surgen de la nada y se desplazan por un no-medio en un no-espacio multidimensional son la respuesta definitiva que ofrece la física moderna sobre la naturaleza de la realidad”.

O bien, como expresa Lionel Trilling, un distinguido crítico literario norteamericano del siglo XX: “Las concepciones operativas [de la ciencia] son ajenas a la mayoría de las personas educadas. No generan especulación cósmica, no comprometen la emoción ni desafían la imaginación. Nuestros poetas son indiferentes a ellas Esta exclusión de la mayoría de nosotros del modo de pensar que habitualmente se dice que es el logro característico de la edad moderna está abocada a ser experimentada como una herida producida en nuestra autoestima intelectual”. Nuevamente se expresa la sensación de orfandad de la cultura humanista respecto de la ciencia contemporánea, la nostalgia por una edad de oro perdida y una admonición acerca de los riesgos de esta alienación. También Gerald Holton, de quien tomamos estas citas, advierte la necesidad de “.... poner la ciencia alrededor de nosotros en lugar de dejarla escapar de nuestra tradición intelectual.”

La epistemología de la ciencia de Galilei

En *Il Saggiatore* (el “ensayador”, el que prueba la calidad de los metales preciosos) Galilei nos ha legado una serie de observaciones agudas sobre su concepción de la ciencia experimental. En el siguiente fragmento Galilei describe su visión de la filosofía natural.

(1) “...Me parece, además, de percibir en Sarsi la firme creencia, que al filosofar sea necesario apoyarse en las opiniones de algún autor célebre, como si nuestra mente, cuando no estuviera casada con el discurso de otro, permaneciera del todo

estéril e infecunda; y quizás estime que la filosofía sea un libro y una fantasía de un hombre, como la Ilíada y el Orlando Furioso, libros en los cuales la cosa de menor importancia es que lo que allí está escrito sea verdad.

Pero no es así, Señor Sarsi. La filosofía está escrita en un grandísimo libro que continuamente está abierto ante nuestros ojos (yo digo: el universo), pero que no se puede entender si antes no se aprende a comprender el idioma, y a conocer los caracteres, en los cuales está escrito. Él está escrito en lengua matemática, y los caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, medios sin los cuales es humanamente imposible entender ni una palabra; sin los cuales es como dar vueltas vanamente en un oscuro laberinto.

... ..

En cuanto a la hipótesis Copernicana, aún cuando por una más soberana sabiduría no hubiésemos sido sacados del error e iluminada nuestra ceguera para beneficio de nosotros católicos, no creo que esa gracia y beneficio se hubiera podido obtener por las razones y experiencias dadas por Tycho [Brahe]. Siendo, entonces, seguramente falsos los dos sistemas, y nulo el de Tycho, Sarsi no debería reprocharme *si junto con Séneca deseo la verdadera constitución del universo.*”

El énfasis al final del fragmento es nuestro, y subraya el compromiso de Galilei con la realidad natural y la búsqueda de la verdad. El “*salvar las apariencias*” no era para él un programa satisfactorio. La importancia de la matemática en el célebre pasaje que hemos reproducido, a mi juicio no debe ser entendida primariamente como neoplatonismo, sino que debe ser vista en la perspectiva que brinda el fragmento siguiente, donde argumenta en favor de observar las cosas que se puedan medir, y que por lo tanto caen en el dominio de una teoría matemática. El pasaje debe ser visto también en relación con la conocida insistencia de Galilei de trabajar con “*le sensate esperienze e necessarie dimostrazioni*”. Es decir, dentro de un esquema hipotético-deductivo de la física, que comenzaba tímidamente a florecer en la obra de Galilei, y que él argumentó sobre todo en su último libro, acerca de “Dos Nuevas Ciencias”.

La Teoría del Conocimiento de Galilei

En otra parte de *Il Saggiatore*, Galilei escribe lo siguiente.

(2) “....., Me queda ahora, conforme a la promesa que antes hiciera a V. S. Ilustrísima, que yo diga un cierto pensamiento mío acerca de la proposición ‘El movimiento es causa del calor’ explicando de que modo me parece que pueda ser verdadera. Pero primero tengo necesidad de hacer alguna consideración sobre esto que nosotros llamamos *calor*, del cual yo tengo grandes dudas de que generalmente no se vaya formando un concepto muy lejano de la verdad, mientras se crea que es un verdadero accidente, afección y cualidad que realmente tiene asiento en la materia de la cual nosotros sentimos el calentamiento.”

Por consiguiente, digo que yo bien siento estar forzado por la necesidad, enseguida que concibo una materia o sustancia corpórea, de concebir que ella está acotada y configurada con esta o aquella forma, que en relación con otras es grande o pequeña, que está en este o en aquel lugar, en este o en aquel tiempo, que se mueve o está quieta, que ella toca o no toca otro cuerpo, que ella es una, pocas o muchas, y por ninguna imaginación puedo separarla de estas condiciones; pero que ella deba ser blanca o roja, amarga o dulce, sonora o muda, de grato o ingrato olor, no siento que se haga fuerza a mi mente de tener que aprehenderla necesariamente acompañada por tales condiciones: antes bien, si los sentidos no nos hicieran de escolta, tal vez el discurso o la imaginación por sí sola no la alcanzaría jamás. Por lo que yo voy pensando que estos sabores, olores, colores, etc., por parte del sujeto en que me parece que tienen asiento, no sean más que puros nombres, que tienen su residencia solamente en el cuerpo sensitivo, de modo que quitado el animal, se quitan y aniquilan todas estas cualidades; y sin embargo nosotros, como le hemos impuesto nombre particulares y diferentes de aquellos primeros y reales accidentes, quisiéramos creer que esas cualidades fuesen verdaderamente y realmente diferentes de aquellos.

Yo creo que con algún ejemplo más claramente explicaré mi concepto. Yo voy moviendo una mano primero sobre una estatua de mármol, y luego sobre un hombre vivo. Por lo que concierne a la acción que proviene de la mano, respecto a esa mano es la misma sobre uno u otro sujeto, que es de aquellos primeros accidentes, es decir, movimiento y tocamiento, ni es llamada por nosotros con otros nombres: pero el cuerpo animado, que recibe esas operaciones, siente afecciones diferentes según que es tocado en distintas partes; y si por ejemplo es tocado bajo las plantas del pié, sobre las rodillas y en las axilas, siente además del tocamiento común, otra afección, a la cual le hemos impuesto un nombre particular, llamándola *cosquillas*: la cual afección es toda nuestra, y no de la mano; y me parece que estaría en grave error quien quisiera decir, la mano, además de movimiento y tocamiento, tiene en sí otra facultad diferente de estas, es decir el cosquillar, como si las cosquillas fuesen un accidente que tuviera asiento en ella. Un poco de papel o una pluma, ligeramente frotada sobre cualquier parte de nuestro cuerpo, realiza, en sí por todas partes la misma operación que es moverse y tocar; pero en nosotros, tocando entre los ojos, la nariz, y debajo de la nariz, excita una titilación casi intolerable, y en otras partes apenas se siente. Ahora bien, esa titilación está toda en nosotros, y no en la pluma, y removido el cuerpo animado y sensitivo, ella no es más que un puro nombre. Del mismo modo, de similar y no mayor existencia creo yo que puedan ser muchas cualidades que se atribuyen a los cuerpos naturales, como sabores, olores, colores, y otras.

.....,

Pero que en los cuerpos externos, a fin de excitar en nosotros los sabores, los olores y los sonidos, se necesiten otras cosas más allá de magnitudes, figuras, multiplicidad y movimientos lentos o rápidos, yo no creo; y estimo que quitadas las orejas, las lenguas y las narices, queden sin duda las figuras, los números y los movimientos, pero ya no los olores, ni los sabores ni los sonidos, los cuales fuera del animal viviente no creo que sean más que nombres, como justamente no son más que nombres las cosquillas y la titilación, una vez removidas las axilas y la piel alrededor de la nariz.

.....,

Yo no quisiera, Ilustrísimo Señor, inadvertidamente alejarme en un océano infinito, del cual no pudiera después volver a puerto; tampoco quisiera, mientras procuro remover una duda, ser causa del nacimiento de otras cien, así como temo que en parte pudo acaecer en este poco trecho que me alejé de la costa: sin embargo deseo preservarme para otra ocasión más oportuna

En estos pasajes Galilei argumenta la distinción entre los accidentes (cualidades se dirá después) primarias y secundarias de la materia, y formula el plan que ha de seguir la física, de limitarse al estudio de los accidentes que se pueden medir o cuantificar. Resuenan en estos fragmentos ecos de Demócrito, cuando dijo “*opinión es el color, opinión lo dulce, opinión lo amargo, verdad los átomos y el vacío*”, porque los materialistas de la antigüedad tuvieron la premonición de la estructura atómica de la materia. Intentaron explicar el cambio, la mudanza de las cosas, por el movimiento de las pequeñas partículas que, según suponían, forman la materia, aunque la evidencia de que disponían entonces era muy escasa, por no decir nula. Galilei, el padre de la nueva física del siglo XVII, también se puso del lado de la hipótesis corpuscular de la materia, como se desprende de los fragmentos del *Saggiatore* que hemos reproducido, pero también fue hombre de profunda fe. La realidad para Galilei es inacabable e inabarcable, como surge de varios otros momentos del *Saggiatore*. La ciencia, en este caso la física, ofrece una ventana para ver el mundo, pero el mundo no se reduce a lo que se ve por esa ventana. La opción de ocuparse de los accidentes que se pueden cuantificar, ofrece una perspectiva de conocimiento de gran penetración y precisión, en el cual el método matemático es fundamental, aunque también fija un límite a lo que se puede conocer por esa vía.

LA CIENCIA EXPERIMENTAL DE GALIEO

En la interpretación de Holton, la visión de la física de Galilei equivalía a “*secularizar la ciencia, reemplazando lo cualitativo a favor de lo cuantitativo como marca de la verdad*” y a elevar las compro-

baciones experimentales “*desde ilustraciones del valor de la teoría a la prueba de su probabilidad*”. En efecto, en un célebre pasaje de las “*Dos nuevas ciencias*” Galilei por boca de Salviati describe uno de estos experimentos en detalle, se trata de la rodadura de una bola de bronce por un plano inclinado, afirmando que lo ha repetido “*una y mil veces*”. Estos experimentos, según las palabras de Galilei, hacen “*aumentar la probabilidad*” de “*. . . .lo que me dice la razón*”. Con este concepto, y con aquella otra frase que habla de “*le sensate esperienze e le necessarie dimostrazioni*” Galilei está esbozando, por primera vez, el programa del método hipotético-deductivo de la ciencia experimental.

GALILEI Y LA RELACIÓN ENTRE *LIBER NATURAE* Y *LIBER SCRIPTURAE*.

La condena de Galilei fue un error del gobierno de la Iglesia Romana, muy lamentado entonces y después, porque en este episodio el Papado apareció enfrentado con el desarrollo de las ciencias, y no ha sido menor la pérdida sufrida en la consideración del mundo intelectual. Pero ya en el siglo XIX la actitud había cambiado. En 1890 el Vaticano cambió su posición respecto al juicio de Galilei, llegando a expresar tanto como el mismo Galilei había escrito en 1613, en su *Carta a Cristina*, Cristina de Lorena, la granduchesa madre de Cosimo II de Medici granduque de Toscana, que era devotísima católica, como ya recordamos.

En 1980, el Santísimo Padre, Juan Pablo II, definió Galilei como “*un buen católico con una profunda comprensión de las relaciones entre teología y ciencia*”, y reconoció que en la *Carta a Cristina* “*formuló importantes normas de naturaleza epistemológica, indispensables para reconciliar la Sagrada Escritura y la ciencia*”.

En la *Carta a Cristina*, Galilei básicamente se remitía a la recomendación de San Agustín, en “*De Génesis ad litteram*”, de que los pasajes bíblicos debían ser interpretados por estudiosos, y no tomados al pie de la letra fuera de contexto. Que en los pocos casos en que parecían contrariar el conocimiento actual sobre el mundo, había que recordar que la Biblia había hablado en forma simple, para ser

comprendida por el pueblo común de su tiempo. En suma, que las Escrituras enseñaban como salvar el alma, y no como estaba hecho el mundo (“...*insegnano come si vada in Cielo, non come vadiano i cieli.*”). Según San Agustín, que tenía experiencia de debates con filósofos paganos, en caso de oposición entre un pasaje bíblico y una verdad natural, había que elegir sin duda la evidencia de la naturaleza y dejar que los expertos examinaran el texto sagrado.

La condena a Galilei fue corregida por el Vaticano en forma oficial en tiempos recientes, 1994, reestableciendo justicia a mi criterio, pese al fastidio de algunos por lo que consideran disculpas tardías. Para el creyente la naturaleza es obra de Dios y el Señor nos ha dado luces para entenderla. Podemos ver en Galilei no sólo el hombre ciencia sino también el hombre de fe, pionero de la moderna concepción de la relación entre ciencia y fe.

APÉNDICE

Originales en italiano de los fragmentos de *Il Saggiatore* citados en el texto.

(1) “...Parmi, oltre a ciò, di scorgere nel Sarsi ferma credenza, che nel filosofare sia necessario appoggiarsi all’opinioni di qualche celebre autore, sì che la mente nostra, quando non si maritasse col discorso d’un altro, ne dovesse in tutto rimanere sterile ed infeconda; e forse stima che la filosofia sia un libro e una fantasia d’un uomo, come l’Iliade e l’Orlando furioso, libri ne’ quali la meno importante cosa è che quello che vi è scritto sia vero.

Signor Sarsi, la cosa non istà così. La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l’universo), ma non si può intendere se prima non s’impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne’ quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto.

.....,

Quanto poi all'ipotesi Copernicana, quando per beneficio di noi cattolici da più sovrana sapienza non fussimo stati tolti d'errore ed illuminata la nostra cecità, non credo che tal grazia e beneficio si fusse potuto ottenere dalle ragioni ed esperienze poste da Ticone. Essendo, dunque, sicuramente falsi li due sistemi, e nullo quello di Ticone, non dovrebbe il Sarsi riprendermi se con Seneca desidero la vera costituzion dell'universo."

(2) "....., Restami ora che, conforme alla promessa fatta di sopra a V. S. Illustrissima, io dica certo mio pensiero intorno alla proposizione "Il moto è causa di calore", mostrando in qual modo mi par ch'ella possa esser vera. Ma prima mi fa di bisogno fare alcuna considerazione sopra questo che noi chiamiamo *caldo*, del qual dubito grandemente che in universale ne venga formato concetto assai lontano dal vero, mentre vien creduto essere un vero accidente affezione e qualità che realmente risegga nella materia dalla quale noi sentiamo riscaldarci.

Per tanto io dico che ben sento tirarmi dalla necessità, subito che concepisco una materia o sostanza corporea, a concepire insieme ch'ella è terminata e figurata di questa o di quella figura, ch'ella in relazione ad altre è grande o piccola, ch'ella è in questo o quel luogo, in questo o quel tempo, ch'ella si muove o sta ferma, ch'ella tocca o non tocca un altro corpo, ch'ella è una, poche o molte, né per veruna imaginazione posso separarla da queste condizioni; ma ch'ella debba essere bianca o rossa, amara o dolce, sonora o muta, di grato o ingrato odore, non sento farmi forza alla mente di doverla apprendere da cotali condizioni necessariamente accompagnata: anzi, se i sensi non ci fussero scorta, forse il discorso o l'immaginazione per se stessa non v'arriverebbe già mai. Per lo che vo io pensando che questi sapori, odori, colori, etc., per la parte del soggetto nel quale ci par che riseggano, non sieno altro che puri nomi, ma tengano solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sì che rimosso l'animale, sieno levate ed annichilate tutte queste

qualità; tuttavolta però che noi, sì come gli abbiamo imposti nomi particolari e differenti da quelli de gli altri primi e reali accidenti, volessimo credere ch'esse ancora fossero veramente e realmente da quelli diverse.

Io credo che con qualche esempio più chiaramente spiegherò il mio concetto. Io vo movendo una mano ora sopra una statua di marmo, ora sopra un uomo vivo. Quanto all'azione che vien dalla mano, rispetto ad essa mano è la medesima sopra l'uno e l'altro soggetto, ch'è di quei primi accidenti, cioè moto e toccamento, né per altri nomi vien da noi chiamata: ma il corpo animato, che riceve tali operazioni, sente diverse affezioni secondo che in diverse parti vien tocco; e venendo toccato, verbigrazia, sotto le piante de' piedi, sopra le ginocchia o sotto l'ascelle, sente, oltre al commun toccamento, un'altra affezione, alla quale noi abbiamo imposto un nome particolare, chiamandola *solletico*: la quale affezione è tutta nostra, e non punto della mano; e parmi che gravemente errerebbe chi volesse dire, la mano, oltre al moto ed al toccamento, avere in sé un'altra facoltà diversa da queste, cioè il solleticare, sì che il solletico fusse un accidente che risedesse in lei. Un poco di carta o una penna, leggermente fregata sopra qualsivoglia parte del corpo nostro, fa, quanto a sé, per tutto la medesima operazione, ch'è muoversi e toccare; ma in noi, toccando tra gli occhi, il naso, e sotto le narici, eccita una titillazione quasi intollerabile, ed in altra parte a pena si fa sentire. Or quella titillazione è tutta di noi, e non della penna, e rimosso il corpo animato e sensitivo, ella non è più altro che un puro nome. Ora, di simile e non maggiore essistenza credo io che possano esser molte qualità che vengono attribuite a i corpi naturali, come sapori, odori, colori ed altre.

.....,

Ma che ne' corpi esterni, per eccitare in noi i sapori, gli odori e i suoni, si richiegga altro che grandezze, figure, moltitudini e movimenti tardi o veloci, io non lo credo; e stimo che, tolti via gli orecchi le lingue e i nasi, restino bene le figure i numeri e i moti, ma non già gli odori né i sapori né i suoni, li quali fuor dell'animal vivente non credo che sieno altro che

nomi, come a punto altro che nome non è il solletico e la titillazione, rimosse l'ascelle e la pelle intorno al naso.

.....,

Io non vorrei, Illustrissimo Signore, inavvertentemente ingolfarmi in un oceano infinito, onde io non potessi poi ridurmi in porto; né vorrei, mentre procuro di rimuovere una dubitazione, dar causa al nascerne cento, sì come temo che anco in parte possa essere occorso per questo poco che mi sono scostato da riva: però voglio riserbarmi ad altra occasion più opportuna.”

BIBLIOGRAFÍA

- Boas, Marie, *The Scientific Renaissance 1450 – 1630*, Fontana Science, 1970.
- Bellone, Enrico, *Galileo, le opere e i giorni di una mente iquieta*, Le Scienze, AI, n.1, 1998
- Butterfield, Herbert, *The origins of modern science, 1300 – 1800*, Bell and Sons, 1957.
- Drake, Stillman, *Galileo*, Hill & Wang, 1980.
- Galilei, Galileo, *Dialogo dei Massimi Sistemi*, a cura di F. Flora, Mondadori Ed., Grandi Classici, 1996.
- Galilei, Galileo, *Sidereus Nuncius; Il Saggiatore; Lettere, XIV A Madama Cristina di Lorena Granduchessa di Toscana; Discorsi e Dimostrazioni Matematiche Intorno a due Nuove Scienze*. (e-books) <http://www.liberliber.it/> Ed. elettroniche, 3 apr.1998, 30 dic.1997, 6 ott.1996, 17 mag.1998, tratte da *Opere di Galileo Galilei*, Ricciardi ed. 1953. *Collana La letteratura Italiana*, Storia e testi a cura di Ferdinando Flora.
- Holton, Gerald, *Einstein, History and Other Passions: The Rebellion Against Science at the End of the Twentieth Century*, Addison Wesley, 1996
- Santillana, Giorgio de, *Processo a Galileo*, Mondadori Ed., 1960.

DIÁLOGO

- *Prof. Prosperi*: Voglio innanzitutto ringraziare Fausto per la bellissima panoramica che ci ha presentato e per il modo con cui ha documentato tutto quello che ha detto. Vorrei aggiungere qualche sottolineatura e forse fare qualche integrazione.

Prima di tutto volevo ricordare che Galileo ha certamente combattuto gli aristotelici del suo tempo ma tra le ultime parole che gli sono state attribuite prima della morte a commento di tutta la sua vita scientifica vi è la seguente frase: “credo di essere stato un buon aristotelico”. Cosa intendeva con questo? Credo intendesse che, se aveva rifiutato gran parte dei principi concreti su cui la fisica aristotelica si basava, aveva però seguito i canoni a cui secondo Aristotele una scienza deve conformarsi. Ciò è particolarmente chiaro dall’esame del famoso trattatello che è incluso nella sua ultima opera, “I Discorsi”, che Fausto ha citato. Questo trattatello è chiaramente organizzato in spiegazione dei termini, definizioni, enunciazione di postulati, deduzione delle loro conseguenze ecc. Credo Galileo volesse, in realtà, anche riferirsi al fatto che per Aristotele il fondamento di ogni conoscenza è l’esperienza. Qui mi sembra, però, necessario sottolineare un’importante differenza. Per Aristotele, se io capisco, l’esperienza è fondamentalmente il materiale su cui lavora l’astrazione per arrivare a concetti e principi di validità generale. Si pretende poi che la Fisica possa essere basata semplicemente su tali principi. Per Galileo i principi sono introdotti come ipotesi esplicative e l’esperienza è l’esperimento esplicitamente concepito per verificare le conseguenze di quelle ipotesi.

Vengo ad altre sottolineature. Riguardo all’Astronomia vorrei ricordare che, sin dal tempo dei greci, esisteva un’astronomia dei matematici e un’astronomia dei filosofi, e, sebbene l’astronomia dei filosofi volesse essere in qualche modo modellata su quella dei matematici, essa era in realtà spesso in certa misura incompatibile con questa. Così Aristotele parte dal modello delle sfere omocentriche formulato da Eudosso ma, non accettandolo come semplice modello matematico e volendogli dare un’interpretazione fisica concreta, lo complica terribilmente, moltiplicando a dismisura il numero delle sfere. Per Eudosso ogni pianeta è fissato su di una sfera incernierata attraverso sfere intermedie su una sfera che riproduce il moto della sfera delle stelle fisse. I sistemi di sfere per ciascun pianeta sono però totalmente indipendenti e non ci si preoccupa di interferenze nei loro movimenti. Per

Aristotele le sfere sono sfere materiali reali, sia pure costituite da un elemento speciale intrasformabile chiamato “etere” o “quinta essenza”. La sfera più esterna, il primo mobile, trasporta in certo senso tutte le altre. Su di essa si suppone incernierata la sfera delle stelle fisse e su questa la sfera più esterna del sistema di sfere associate a Saturno, ci si preoccupa poi di introdurre una serie di sfere che annullino il moto di quelle relative al suddetto pianeta per riportarsi ad una sfera che di nuovo si muove come quella delle stelle fisse. Questa costituisce la sfera più esterna del sistema delle sfere di Giove e così via per tutti gli altri pianeti. Per Aristotele, inoltre, il concetto di corpo precede quello di spazio che è una astrazione costruita su quello. Lo spazio è concepito come un pieno di corpi e il vuoto è identificato col nulla e quindi semplicemente non esiste. Nella costruzione del suo modello cosmologico il ruolo privilegiato della sfera nasce proprio dal fatto che la sfera è l’unico oggetto che movendosi attorno al centro ricopre sempre se stesso.

In questo senso, il sistema tolemaico basato sui concetti di deferente, eccentrico, punto equante ed epiciclo è, nonostante le commistioni fatte nel Medioevo, un modello molto diverso ed è di nuovo un modello puramente matematico. Un tentativo di riconciliazione con un modello a sfere solide era stato fatto dall’astronomo arabo Alhazal (965-1020) che aveva pensato il moto lungo un epiciclo come corrispondente a quello di una sfera più piccola che si muoveva all’interno dello spessore della sfera associata al deferente.

Un punto debole della costruzione di Aristotele, era cosa potesse esserci al di fuori del primo mobile. E’ chiaro che non potendo esistere il vuoto la risposta avrebbe dovuto semplicemente essere il nulla. Ma essendo questa risposta antintuitiva nel Medioevo si pensò spesso che questo fosse lo spazio occupato da Dio, dagli angeli e dai beati, dando con ciò tuttavia a Dio in qualche modo un’estensione spaziale. E’ interessante che il problema sia stato risolto nella Divina Commedia solo da Dante, sia pure nel contesto di una cosmologia per altri aspetti un po’ approssimativa (astronomia dei filosofi). Come messo in evidenza in un articolo sul “Scientific American” ciò avviene nel contesto di una geometria non euclidea. Per rendere il discorso più semplice conviene riferirsi ad un modello bidimensionale. Supponiamo di rappresentare l’universo di Dante su di una sfera, diciamo un mappamondo. La terra andrebbe allora rappresentata con un circoletto con centro, diciamo, nel polo sud. All’interno del circoletto sarebbe l’inferno con Satana al centro. Un piccolo tratto rappresenterebbe Gerusalemme e sotto di essa sarebbe

la grande voragine provocata da Satana nella sua caduta. Sul lato opposto la montagna del purgatorio con, sulla cima, il paradiso terrestre. Al di sopra di questo sette paralleli rappresenterebbero i cieli associati ai vari pianeti. Al di sopra, ancora restringendoci di nuovo verso il polo nord, sarebbe la rosa dei beati, i cori angelici e al polo nord stesso sarebbe disposto Dio. In questa idealizzazione l'universo ha come due centri, è limitato ma non ha un contorno e non esiste il problema di cosa c'è al di fuori dello stesso. Nel linguaggio di quella parte della Matematica che è detta la Topologia, l'universo di Dante sarebbe un universo non euclideo, finito ma senza un contorno, caratterizzato da almeno due "carte locali", una centrata sulla terra ed utilizzata nelle prime due cantiche "Inferno" e "Purgatorio" e nella prima parte del "Paradiso", l'altra centrata su Dio ed utilizzata nell'ultima parte. Va notato che, anche se come ho detto Dante utilizza per un verso una cosmologia un po' rudimentale (nel senso che si limita ad associare genericamente ad un pianeta un proprio cielo senza preoccuparsi di ulteriori specificazioni), tuttavia la sua visione delle cose è molto profonda e rivela tra l'altro una conoscenza non superficiale del sistema tolemaico. Egli fa tra l'altro riferimento al problema della precessione degli equinozi e ai problemi del calendario che preoccupavano gli studiosi del suo tempo e sfoceranno nella riforma di quest'ultimo.

Andando avanti volevo dire qualcosa sul sistema copernicano e le sue motivazioni. E' chiaro che Copernico nel proporre il suo sistema era animato dal desiderio di una costruzione più semplice e più rispondente alla razionalità di Dio di quella complicatissima del sistema tolemaico. In un libro consigliato dal Padre Coyne lo scorso anno, "Il libro della natura", lo storico della scienza danese Olaf Pedersen mette in particolare in evidenza che, a parte il ruolo singolare che nel sistema tolemaico veniva attribuito al sole nel condizionare il moto degli altri pianeti, esisteva poi una notevole dissimmetria tra le regole da applicare ai pianeti interni (Mercurio e Venere) e ai pianeti esterni (Marte, Giove e Saturno). Nel caso dei primi il pianeta si muove liberamente con una velocità propria sul suo epiciclo, il centro dell'epiciclo però nel percorrere il deferente doveva sempre tenersi allineato col sole. Nel caso dei pianeti esterni invece era il centro dell'epiciclo a muoversi liberamente sul suo deferente, mentre la congiungente la posizione del pianeta con il centro dell'epiciclo doveva sempre tenersi parallela all'asse Terra-Sole. Tutte queste stranezze erano evidentemente molto semplicemente risolte nel sistema eliocentrico.

Venendo poi al ruolo avuto da Galileo nell'affermarsi della nostra attuale concezione dell'universo, sono innegabili gli elementi di tipo teorico e di tipo osservativo che egli portò a sostegno del sistema copernicano. Va tuttavia sottolineato che egli non volle mai accettare l'idea di un'attrazione tra i corpi celesti, che alcuni già cominciavano a prospettare, e quindi neppure mai sospettò il ruolo universale della gravità che è al centro dell'opera di Newton. Pur avendo avuto un'importante intuizione sul concetto d'inerzia, sembra che per Galileo il moto inerziale dovesse essere il moto circolare uniforme e fosse proprio questa la spiegazione che egli riteneva di dare del moto dei pianeti. Si comprende così perché egli non abbia mai voluto accettare le orbite ellittiche proposte da Keplero, la sua pretesa che le comete dovessero essere un fenomeno atmosferico e la sua polemica a riguardo con il Padre Grassi nel "Saggiatore", il suo rifiuto ad accettare il ruolo dell'attrazione lunare nel fenomeno delle maree.

Riguardo alla legge di caduta dei gravi, non credo invece possano esserci dubbi sul fatto che Galileo abbia correttamente compreso che questa comportava una proporzionalità tra dislivello di caduta e quadrato del tempo impiegato. E' vero che nella descrizione dei suoi esperimenti sui piani inclinati parla soprattutto di proporzionalità tra spazi percorsi in tempi uguali e numeri dispari, ma egli è pienamente conscio dell'equivalenza tra le due affermazioni. Ed, ammesso che il moto di caduta di un corpo avvenga con accelerazione costante uguale per tutti i corpi, riporta esplicitamente una dimostrazione geometrica della proporzionalità tra spazi percorsi e quadrati dei tempi. La dimostrazione in se stessa non è invece di Galileo ma è ripresa dalla letteratura precedente. Probabilmente è da attribuire a Nicola d'Oresme, ma potrebbe anche essere precedente. A questo proposito bisogna rendersi conto che Galileo non è nato dal nulla, ma egli si pone al termine di una linea di riflessione, che ha origine almeno nel XII secolo ed ha tra i suoi maggiori esponenti di spicco personaggi come, Grossatesta, Ruggero Bacono, Guglielmo di Occam, Buridano, Nicola d'Oresme.

Sempre riguardo a Galileo e a proposito del libro citato da Fausto, val la pena di ricordare che il cardinale Carlo Maria Martini, per molti anni arcivescovo di Milano, gli attribuiva, già parecchio tempo fa, in una serie di scritti, un ruolo pionieristico proprio sui corretti criteri di lettura della Bibbia, ad onta delle incomprensioni incontrate con i teologi del suo tempo (largamente impreparati ad accogliere un punto di vista nuovo e non letteralistico). Galileo aveva posto chiaramente una distinzione di

piani tra gli scopi del testo sacro e quelli della astronomia, e aveva capito che nella lettura dello stesso e nell'interpretazione di varie espressioni si doveva tener conto dell'ambiente umano a cui esso era rivolto. Del resto la cosmologia del testo biblico non era certo quella di Aristotele o di Tolomeo accettata ai tempi di Galileo, ma era una cosmologia molto semplice e ingenua di tipo babilonese. La terra era pensata come piatta, con una sorta di volta celeste solida che divideva le acque superiori dalle acque inferiori. Su questa volta si supponeva fossero presenti delle fessure che potevano essere aperte (le cateratte del cielo) determinando la pioggia.

- *Dr. Gratton:* Muchas gracias por una serie de comentarios que integran, complementan, lo que dije. Estoy de acuerdo con la mayoría de las opiniones expresadas, con algunas tengo tal vez una diferencia de matiz, pero en gran medida comparto lo que ha expresado.

- *Dr. Dankert:* Te quería preguntar, Fausto, esa observación de la Supernova que hizo Kepler ¿Cuánto duró? Años, meses...

- *Dr. Gratton:* No, tal vez un mes, pero no lo sé con exactitud, no te puedo contestar.

- *Dr. Dankert:* Porque da una idea de las velocidades...

- *Dr. Gratton:* Del cambio. Habitualmente las que nosotros vemos duran algunos días y después se ...

- *Dr. Dankert:* ¿Y dónde estaba qué queda?

- *Dr. Gratton:* Ah! Si uno tiene un instrumento de gran precisión... pero en aquella época desaparecían de la visión, no se veía más.

- *Dr. Dankert:* ¿Y qué pasó con el telescopio que hizo el holandés?

- *Dr. Gratton:* ¿Del cual tuvo noticias Galileo? Bueno, ése es un buen punto que por razones de tiempo pasé rápidamente. Aparentemente no lo usó para hacer observaciones astronómicas, sino terrestres. Pero en el mismo año 1609, en el cual Galileo reconstruye el aparato y se pone a observar el cielo, que dio lugar después a la publicación tan famosa de *El Mensajero de las Estrellas*, al año siguiente un inglés Thomas Harriot también construye un antejo astronómico, tal vez no tan bueno como el de Galileo, pero, según lo que leí, tenía por lo menos cinco o seis aumentos. También lo apunta a la Luna y no ve lo que estaba delante de sus ojos, o sea, no interpreta que esas rugosidades e imperfecciones de la separación entre luz y sombra del disco lunar pudieran ser montañas. Las

ve con los ojos de una astronomía perfecta, digamos así, de la tradición clásica, mientras que Galileo, que ya las miraba con su corazónada a favor del nuevo sistema, inmediatamente las interpreta de otra forma. Así que es un punto que no pude tocar, que hace al tema de cuánto la visión del investigador, las imágenes que el investigador lleva en su forma de ver las cosas, influyen sobre la investigación que está realizando.

- *Dr. Dankert*: Mi pregunta es quién hacía las lentes y de qué calidad, porque si no eran muy buenas es razonable que no entendiera lo que veía.

- *Dr. Gratton*: No, según comenta Holton, un historiador de la ciencia bastante conocido, parece que era razonable el instrumento y que este inglés se perdió de anunciar ese descubrimiento.

- *Dr. Dankert*: Esa carta que le escribe a Cristina ¿es la madre de Cósimo II Medici?

- *Dr. Gratton*: Así es.

- *Dr. Dankert*: Perfecto. No se mencionó o por lo menos se me escapó a mí el famoso experimentito con el plano inclinado.

- *Dr. Gratton*: Sí, muy de corrida, cuando menciono las experimentaciones de Galileo, en algún momento incluso hablé de una bola que rodaba.

- *Dr. Dankert*: Sí, pero que lo había hecho otro eso. No entendí bien la verdad, pero existe el experimento y Galileo lo hizo, porque hay un dibujo famoso donde está él y pone una bola de corcho y una de bronce y las dos bajan al mismo tiempo.

- *Dr. Gratton*: Bueno no te sabría decir exactamente que es como tú lo dices.

- *Dr. Dankert*: Es interesante porque mide el tiempo con el pulso, y se ve que tenía sesenta pulsaciones por minuto, era un poco bajo el pulso que tenía, porque eso después pasó al tiempo. Eso lo leí en alguna parte alguna vez hace muchísimo, no sé si es cierto.

- *Dr. Gratton*: Sí, también sobre el isocronismo del péndulo, que al principio hacía mediciones, pero luego inventó algunos métodos de medición del tiempo un poco más refinados.

- *Dr. Beltrán*: Yo agrego también algunas observaciones acompañando, además, con mi acuerdo a lo que acaba de decir el profesor Proserpi, y

justamente una de las afirmaciones del Profesor Prospero me parece interesante.

Usted decía hace un rato que la revolución copernicana era una revolución conservadora. Efectivamente eso significa, como el profesor recién decía, que es un cambio que se fue preparando lentamente, y que ya en la Edad Media hay vestigios muy claros de esa sospecha que después hará posible el cambio de rumbo.

Algunos autores actualmente han trabajado con bastante profundidad esto, como Stephen Toulmin, en *La Trama de los Cielos*, o el propio Tomas Kuhn en *La Revolución Copernicana*.

Y, ya que estamos hablando de la cosmovisión, quisiera llamar la atención sobre esto. Así como tenemos una visión del mundo, también tenemos una visión de la Historia y entonces Galileo ha sido escogido como un icono de la representación de la Historia en clave iluminista, vale decir, Galileo al igual que Giordano Bruno, por ejemplo, suele ser idealizado como el personaje que rompe las ataduras de la servidumbre religiosa y proclama algo así como el libre pensamiento.

A esa lectura de la historia en clave iluminista le es estrictamente funcional presentar la imagen de Galileo como un revolucionario, como una especie de alborotador de la inteligencia y, sin embargo, como decía el profesor Prospero, muchos se olvidan que ya en el siglo XIV las Escuelas de Oxford y de París tenían un incipiente desarrollo de la matemática aplicada al estudio de los fenómenos físicos y también de esbozos del principio de inercia, del principio de relatividad y otras cuestiones que después se irán aposentando llegado el Renacimiento.

Otro comentario, muy al pasar, es que, hablando sobre las aplicaciones de la teoría copernicana, poca gente sabe que la Iglesia mal podía hablar en contra del sistema copernicano desde el momento que la reforma gregoriana del calendario se hizo gracias a los cálculos facilitados por Copérnico. Sabemos que en 1582 se produjo la reforma del calendario incorporando la innovación de que los años seculares solamente son bisiestos cuando el siglo es múltiplo de cuatro, etc. etc. Esa muy precisa reforma, que se hizo gracias al equipo dirigido por el astrónomo Clavius, que era jesuita del Colegio Romano, se hizo apelando a las tablas que había producido Copérnico y en 1582, vale recordar, Galileo tenía sólo 18 años. Es decir que, evidentemente, ya había una predisposición favorable para considerar en serio esa nueva teoría.

Galileo insistió mucho, usted también mencionaba el hecho de que él se llamaba a sí filósofo o hablaba de la filosofía. Vale aclarar también

que en aquella época la palabra filosofía era sinónimo de un conocimiento de la naturaleza, donde aun no se diferenciaba claramente lo filosófico de lo científico. Y justamente el hecho de que estemos en esa etapa de transición, de la cual se producirá después el desprendimiento y la autonomía de la ciencia positiva respecto de la filosofía, hace que cuando Galileo y Newton proponen una nueva visión del mundo en comparación a la de Aristóteles, se la tome como un sustituto de la filosofía aristotélica, cuando en realidad era, simplemente, la fundación de una nueva disciplina que nada tenía que dañar los fundamentos de la teoría aristotélica.

En este sentido, el Padre Wallace, un dominico muy estudioso, ha probado, me parece a mí con bastante suficiencia, que Galileo es mucho más aristotélico de lo que se cree, pero es muy aristotélico en términos filosóficos, no es aristotélico en cuanto a la física, digamos, positiva de Aristóteles, pero sí en cuanto a su visión respecto del método científico y de la imagen general de la naturaleza.

Y para no abusar de mi tiempo quisiera hacerle una pregunta, pero antes cerciorarme de haber escuchado bien lo que usted dijo.

Al citar a Holton creo haber anotado la siguiente manifestación, que la visión de Galileo es una suerte de secularización de la ciencia que reemplaza la explicación por las cualidades con la explicación por las cantidades, y después usted agregó, “en la cual yo estoy de acuerdo”. Quería saber si efectivamente registré bien ese dicho de que usted estaba de acuerdo con la idea de Holton de que la visión galileana es una secularización de la ciencia y en ese caso preguntarle a qué se debe su opinión al respecto.

- *Dr. Gratton*: Bueno, aquí hay varias observaciones. Voy aprovechar para contestar de paso, también, algún punto que levantó el profesor Proserpi.

Sí, es cierto que podemos encontrar en la Edad Media, sobre todo con Occam, con Grossatesta, Buridano, etc., algunos elementos. Sin duda, podemos encontrar en estos autores -varios de ellos franciscanos si no me equivoco- una reacción precisamente contra la física aristotélica y en algunas cosas también con la metafísica de Aristóteles, o por lo menos con algunas doctrinas. Pero me parece que luego de ese período que ustedes han mencionado hay en el mundo universitario, sobre todo del 400 y del 1500, un retorno al dominio de las enseñanzas aristotélicas, de manera que eso no tuvo una continuidad suficiente como para poder decir, ah! Galileo entonces se abrevó de allí y fue nada más que un continuador.

Digamos que reconozco parte de vuestra observación, pero me parece que no hay que exagerarla, en cuanto a quitarle viento a las velas galileanas.

La otra observación era acerca de la instrumentalización que tenemos acerca de la figura de Galileo y por supuesto el juicio a Galileo, que lo han meneado y han utilizado eso como arma polémica. Por ejemplo, yo omití de citar entre mis fuentes, pero he leído un par de autores italianos de formación comunista, que escriben sobre la biografía de Galileo, sobre su valor científico, etc., etc., y ahí naturalmente, hablando vulgarmente, le dan con todo, le dan manija, para utilizar esto dentro de su perspectiva política y de su perspectiva también filosófica materialista. De manera que estoy perfectamente sensible y atento a ese aspecto.

De las observaciones que ustedes han hecho había otro punto que, sí, ha vuelto también a salir, es en relación a las ventajas de simplicidad del sistema copernicano, del sistema con el Sol en el centro, para explicar algunos hechos de clara observación. Por ejemplo, el movimiento retrógrado de los planetas interiores, Mercurio y Venus, se da siempre cuando hay conjunción, como la llamaba, inferior, cuando están entre nuestro punto de vista y el Sol. Eso se ve claramente en el Sistema Copernicano, en el otro Sistema no tiene explicación, hay que tomarlo así como es, nació así. Y también la explicación de porqué en cambio el movimiento retrógrado aparece de otra manera para los planetas externos. Sí, hay una serie de ventajas, evidentemente, en el Sistema Copernicano.

Otro punto que también me parece muy importante, pero no se puede decir todo. Con el Sol en el centro, en el Sistema Helio-céntrico, se puede, estudiando los momentos de máxima elongación del planeta con respecto del Sol, determinar las distancias relativas de los distintos planetas respecto de la distancia Tierra-Sol. Eso se puede hacer de una manera muy simple, con medir bien el ángulo y trigonometría, tal vez con un poquito más de error para los planetas externos, tipo Júpiter y Saturno. En el otro sistema, en el tolemaico, es puramente arbitrario, se pueden hacer solamente estimaciones de variaciones angulares, pero las distancias relativas no se pueden medir. De manera que, evidentemente, el nuevo sistema, sí, tenía ventajas, la cuestión es que al no adoptar las órbitas adecuadas, como podrían ser las keplerianas, entonces, tenía que introducir un montón de ciclos y epiciclos y artificios que finalmente lo hacían bastante complicado también.

Y después lo de Holton. No me fijé tanto en la secularización de la ciencia, mi énfasis no está ahí, sino en la importancia de la primacía de

la prueba experimental y sobre todo el hecho de que, en el discurso acerca de las dos nuevas ciencias, él habla de que la prueba de carácter fáctico, experimental, va adquiriendo cada vez más probabilidad, incluso en las palabras que escribe Galileo, es decir, que no da nunca una certeza última en un sentido clásico, sino una mayor probabilidad, que puede querer significar una confianza creciente en la propiedad que se está enunciando.

- *Dr. García Bazán:* Quería yo recordar un pequeño dato, en relación con este hecho de haber visto la Luna a través del telescopio, y la respuesta diferente que da Galileo respecto del astrónomo inglés y que lo has atribuido a la capacidad de observación de Galileo.

- *Dr. Gratton:* Más bien a su “forma mentis”, más bien a la novedad, digamos.

- *Dr. García Bazán:* Yo ahí quisiera aportar un dato, y que es concreto, quizás yo pienso que se debe a la cultura de Galileo, porque está el libro de Plutarco de Queronea, *De facie in orbe lunae*, o sea, sobre la cara de la Luna qué se ve, que lo ha conocido Copérnico, sin duda, y en donde se describe esa cara de la Luna que se ve, en relación con las simas, las profundidades y también las altitudes. Por supuesto, que eso Plutarco de Queronea lo aplica al ascenso y a la bajada de las almas, pero la descripción está en él, y a simple vista.

- *Dr. Gratton:* Muchas gracias por el comentario que me permite en parte contestar. Sí, efectivamente, lo que llamaríamos el hombre en la Luna o las manchas en la superficie de la Luna eran conocidas desde tiempos remotos. Todo el mundo ha visto la diferencia de luminosidad sobre la Luna llena, pero me parece que una contestación que se daba, más tradicional dentro de un espíritu aristotélico–tolemaico, era que la Luna está en esa esfera intermedia que separa lo perfecto de lo imperfecto y entonces está ahí, en la frontera, y alguna manchita tiene.

- *Dr. García Bazán:* Claro, pero no es el caso de Plutarco. El aspecto ése de la perfección e imperfección, él lo trata de otra forma, hablando de la Luna como hermafrodita, entre el Sol y la Tierra. A lo que sí me refiero es que hace una descripción de carácter físico, eso sí.

- *Dra. Archideo:* Muchas Gracias en especial al Dr. Gratton y a todos los demás que dialogaron, pero especialmente a Fausto por su explicación.