

# Galileo: La derrota del escolasticismo y los comienzos de la ciencia moderna

Julio Angel Fernández

Depto. Astronomía, Facultad de Ciencias, UdelaR

**Este año se cumple el 400 aniversario de los inicios de los descubrimientos telescópicos de Galileo y la pregunta es por qué este acontecimiento merece el homenaje de nada menos que las Naciones Unidas que ha declarado 2009 como el Año Internacional de la Astronomía. Galileo simboliza mejor que nadie el tránsito de la época medieval a la moderna. Fue un pensador riguroso y renovador, podríamos llamarlo propiamente el primer científico moderno, en el sentido de la importancia que él le adjudicó a la experimentación y la observación como herramienta para desentrañar las leyes de la naturaleza, y el uso de las matemáticas para cuantificar los resultados. Galileo fue finalmente condenado por un tribunal de la Inquisición en el año 1633, pero eso no impidió la diseminación de las nuevas ideas cosmológicas. El mundo ya no sería el mismo. Aun condenado, Galileo fue el neto triunfador frente a las fuerzas conservadoras que pretendían mantener a la Tierra inmóvil en el centro del universo. ¿Cuál fue el arma diferente que le permitió a Galileo incidir de tal manera en la revolución del pensamiento?: el telescopio.**

Durante la Edad Media hubo una lenta recuperación del pensamiento clásico griego, en parte gracias a los árabes que recuperaron y transmitieron a Europa los textos clásicos de la civilización helenística. Por su influencia posterior, sobresale la filosofía aristotélica en su visión del mundo (tanto el físico como el biológico), en lo que en esos momentos se llamaba la *filosofía natural*. Entre los elementos que sobresalen de la filosofía aristotélica podemos mencionar a la de una Tierra inmóvil ubicada en el centro del universo, con los planetas y las estrellas moviéndose

en esferas concéntricas a su alrededor. Aristóteles dividió al universo en dos partes: el mundo sublunar corruptible constituido por cuatro elementos básicos: tierra, agua, aire y fuego y el mundo supralunar constituido por un quinto elemento, la quintaesencia, para el cual sólo el movimiento circular, símbolo de la perfección, era posible.

En el mundo sublunar los objetos tendían a ocupar su lugar “natural” según su peso, así la tierra tendía a ir más abajo, mientras que el fuego, el más volátil, tendía a ocupar las partes superiores.

Sólo la aplicación de una fuerza podía violentar el lugar natural de los elementos que era el reposo, y éste constituye uno de los pilares de la física aristotélica.

La *filosofía escolástica* nació a partir de la confluencia de las ideas aristotélicas con la doctrina cristiana basada en la Biblia. Este movimiento se desarrolló entre los siglos XII y XV y tuvo su epicentro en las universidades europeas que fueron surgiendo en esa época como centros de la cultura. Tuvo entre sus grandes figuras a Santo Tomás de Aquino, Alberto Magno y Roger Bacon en el siglo XIII.

El escolasticismo implicó al comienzo un avance con respecto a la situación en la alta Edad Media ya que llevó a la recuperación del pensamiento griego clásico. Sin embargo, con el tiempo se iría a convertir en un freno al desarrollo posterior, ya que desechaba la experimentación y la observación como forma de verificar las distintas hipótesis. En cierto sentido representó un conocimiento estático, para conocer sobre un cierto fenómeno natural, no había más que recurrir a los clásicos de la Antigüedad como Aristóteles, Tolomeo o Galeno, o a la Biblia, porque en esas fuentes “ya estaba todo dicho”.

En el siglo XVI se comienza a procesar una revolución en las ideas, es el Renacimiento, que tiene como importantes exponentes, entre otros, a Leonardo da Vinci, Copérnico, Vesalio, Tycho Brahe y Giordano Bruno. El Renacimiento estuvo abonado por una serie de descubrimientos notables en el siglo anterior como el de la imprenta, que permitió una difusión a gran escala de los libros, y los viajes transoceánicos que llevaron a los europeos a América. Como es bien conocido, Copérnico publicó en 1543 su monumental

obra *De Revolutionibus orbium coelestium* (Sobre las revoluciones de las esferas celestes), donde expone un sistema del mundo en que el Sol es el astro central (sistema heliocéntrico). Si bien esta obra pasó a la historia como una de las principales, y llevó a Copérnico al podio de los inmortales de la ciencia, hay que reconocer que al comienzo tuvo poca aceptación. Copérnico mismo planteó su sistema como una herramienta para lograr mejores ajustes entre las predicciones teóricas de las posiciones planetarias basadas en su modelo con las observadas, en comparación con aquellas obtenidas a partir del sistema geocéntrico de Tolomeo. Al no pretender ser una representación del mundo real, el sistema copernicano no causó en lo inmediato una reacción adversa de la Iglesia, salvo de algunos personajes aislados como Martín Lutero que lo condenó por contradecir la Biblia. Podemos resumir que el sistema copernicano navegó en el resto del siglo XVI entre la indiferencia, la curiosidad de unos pocos, sin despertar fuertes reacciones ni a favor ni en contra.

En estas aguas tranquilas apareció un personaje que iría a agitarlas: Giordano

Bruno (1548-1600). Bruno consideró al sistema copernicano como una representación de la realidad, postura que ya lo colocaba al borde de la herejía, y fue aun más lejos al considerar a las estrellas como otros soles con planetas que podían albergar vida. Consideró además que el cosmos era infinito. Todas estas reflexiones las materializó en su obra *Del infinito, el universo y sus mundos*, publicada en 1584. Temas como la pluralidad de mundos habitados eran tabú para la Iglesia, por lo cual no es de extrañar que Bruno haya ido a una colisión frontal con ésta y haya terminado condenado a la hoguera. Es de destacar que Bruno era un filósofo y no un científico en el sentido que lo entenderíamos hoy. Es decir, sus análisis eran en términos cualitativos y especulativos, sin utilizar herramientas matemáticas ni datos de la observación o la experimentación para sustanciar sus ideas. En este sentido, a pesar de lo revolucionario de sus ideas, la forma de exponerlas se acercaba más a la de un pensador medieval que a la de uno moderno.

## Galileo: el científico moderno



*Galileo Galilei (1564 - 1642)*

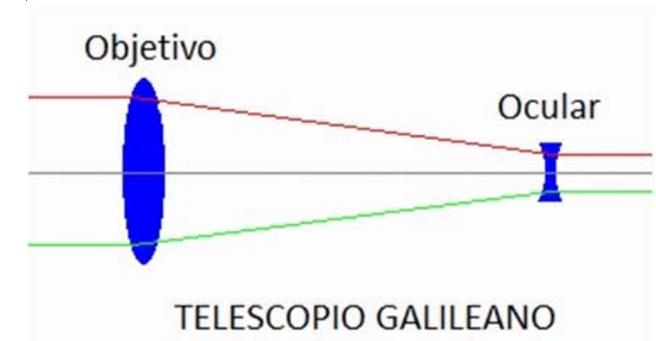
Cuando Bruno era quemado en la hoguera, Galileo Galilei (1564-1642) era un joven profesor de matemáticas de la Universidad de Padua que apenas podía llegar a fin de mes con su magro salario. Era un hombre que aspiraba a mucho más, tanto desde el punto de vista económico como académico, propenso a la polémica, pero

que no había logrado todavía todo el reconocimiento y prestigio deseado. Potencial no le faltaba: buena formación teórica, excelentes habilidades experimentales y observacionales, un muy buen artesano que le permitió construir sus propios instrumentos y, para completar, un gran comunicador y excelente polemista.

Ya a comienzos del siglo XVII era un muy hábil físico experimental que había llevado a cabo experimentos cruciales sobre la caída de los cuerpos y el movimiento parabólico de un proyectil, que establecerían las bases de la mecánica desarrollada por Isaac Newton varias décadas después. Era además un convencido copernicano. Pero todavía no había encontrado la oportunidad de saltar a la fama por sus investigaciones. En 1609 se le presentó finalmente la gran oportunidad cuando llegó a sus oídos la invención de un instrumento óptico que permitía aumentar el tamaño de objetos lejanos.

Este instrumento, denominado *anteojo espía*, había sido desarrollado aparentemente en Holanda un año antes. Su nombre invocaba las posibles aplicaciones militares, ya que el instrumento

podría servir para divisar los movimientos de tropas o de naves enemigas cuando aun estuvieran lejos, de modo de dar tiempo para planificar una buena defensa.



*Esquema del funcionamiento óptico del telescopio refractor galileano con una lente objetivo biconvexa y una lente ocular bicóncava que da una imagen ampliada y derecha (panel superior), y varios de los telescopios rudimentarios construidos por Galileo (panel inferior).*

Su curiosidad por la astronomía lo llevó a utilizar el anteojo espía para fines científicos y no militares. Construyó sus propios anteojos probando con distintos juegos de lentes que él mismo pulía, el mayor de ellos y el que utilizó para sus memorables descubrimientos alcanzó 21 aumentos. Apuntando el instrumento hacia el cielo, un mundo nuevo se abrió ante sus ojos. Observó que la Luna, lejos de tener una superficie lisa, presentaba accidentes como montañas, cráteres y lo que identificó erróneamente como “mares” (que hoy sabemos que son depósitos de lava). Incluso pudo determinar la altura de sus picos montañosos por la sombra que proyectaban.

Descubrió que Venus presentaba fases como la Luna, lo cual se correspondía con el sistema heliocéntrico en que la órbita de Venus quedaba entre el Sol y la Tierra. Observó que alrededor de Júpiter giraban cuatro lunas o “planetas”, como Galileo los denominó, que eran una prueba de que la Tierra no podía ser el centro de todo el universo como sostenían los partidarios del sistema geocéntrico.

Lo que era también sorprendente: había mucho más estrellas en el cielo de que las observadas a simple vista.

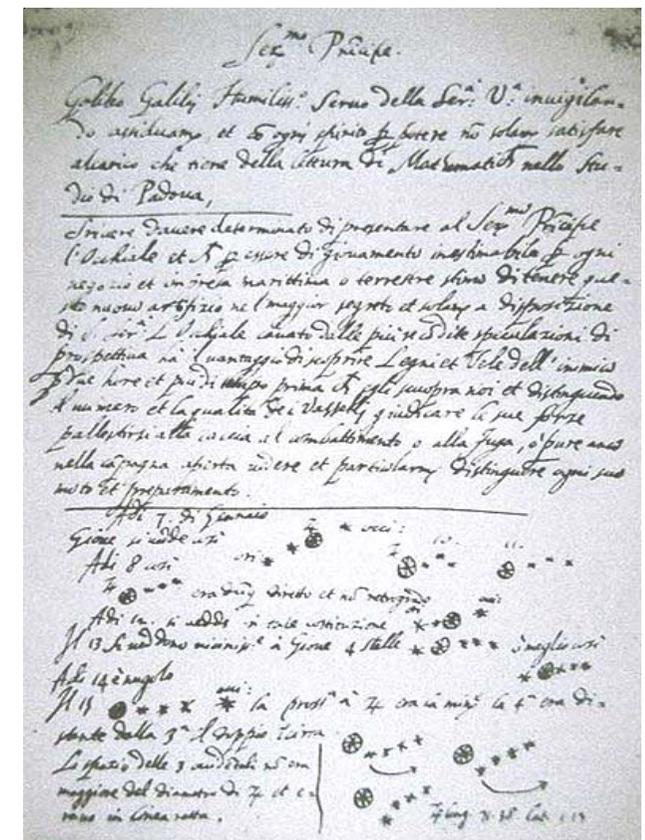
Y para rematar, no sólo la Luna presentaba una superficie “terrenal” con diversos accidentes geográficos, el propio Sol no era un astro immaculado sino que, por el contrario, presentaba manchas que se desplazaban sobre el disco solar, lo cual sugería que el Sol rotaba alrededor de un eje.

Cuatro siglos después, sorprende que una sola persona haya podido lograr un cúmulo tan grande de descubrimientos con un modesto instrumento que hoy se puede comprar en cualquier comercio! Por supuesto que Galileo no perdió un minuto de tiempo, reunió este conjunto de descubrimientos en un librito que se llamó *Sidereus Nuncius* (El Mensajero Sideral), una de las obras de mayor influencia en la historia de la ciencia.

Galileo, quien siempre estuvo envuelto en controversias, tampoco pudo evitar estarlo con respecto a sus descubrimientos astronómicos. La primicia de algunos de ellos fue reclamada por otros. Por ejemplo, en el caso de las lunas de Júpiter, el alemán Simon Marius alegó que había descubierto las lunas varios meses antes que Galileo.

La disputa alcanzó los nombres propuestos para las lunas, mientras Galileo propuso el de lunas Mediceas, en honor de su futuro

mecenas, Cosimo II de Medici, Gran Duque de Toscana, y sus tres hermanos, y las llamó individualmente I, II, III y IV, Marius propuso en cambio los nombres de Io, Europa, Ganímedes, y Calisto, personajes extraídos de la mitología griega, los cuales le fueron sugeridos a Marius por Johannes Kepler.



Manuscrito de Galileo donde se muestran las observaciones de las cuatro lunas de Júpiter

Es interesante que mientras que el crédito por el descubrimiento se mantuvo para Galileo, los nombres que finalmente se adoptaron para las lunas fueron los propuestos por Marius en una especie de solución salomónica. Una disputa similar por la primacía del descubrimiento fue con las manchas solares, el que también fue reclamado por el Jesuita alemán Christoph Scheiner.

En 1611, durante una visita a Roma en que Galileo deleitó a sus anfitriones permitiéndoles observar a través de uno de sus anteojos, el Príncipe Federico Cesi, miembro de la Accademia dei Lincei (Academia de los Linceos) propuso para el nuevo instrumento un nombre sugerido a él por el matemático Giovanni Demisiani que se adecuaba mejor a su uso científico. El nombre sugerido fue el de *telescopio*, el cual resultaba de la conjunción de dos palabras griegas: *tele*, que significa "distante", y *skopéo*, que significa "mirar". Esta pasó a ser la palabra de uso más común en varias lenguas occidentales.

Un hecho menos conocido de la biografía de Galileo es que también se lo puede considerar como el padre del microscopio,

instrumento óptico que pudo construir con un procedimiento similar al telescopio: experimentando con juego de lentes para poder amplificar objetos cercanos. Su curiosidad lo llevó no sólo a indagar lo macro, sino también lo más pequeño y cercano. En este sentido, son muy ilustrativas las descripciones minuciosas de insectos, llevadas a cabo por él mismo y algunos de sus discípulos, lo que les permitió comprobar la asombrosa complejidad de estos pequeños seres.

Los años siguientes a la publicación del Sidereus Nuncius fueron los más gloriosos y reconfortantes para Galileo. En 1610 Cosimo lo nombra filósofo y matemático del Gran Ducado de Toscana con un salario mucho mayor al que tenía en esos momentos en Padua. Con el nuevo cargo, Galileo decide establecerse en Florencia, en esa época un gran centro cultural.

En 1616 la marea favorable a los descubrimientos de Galileo comienza a revertirse, y con esto comenzarán sus contratiempos. La Iglesia reacciona frente a los avances de la nueva cosmología copernicana colocando a De Revolutionibus en el Index de libros

prohibidos. Esta es una clara advertencia al propio Galileo para que actuara con mayor cautela. No obstante, Galileo sigue adelante con sus proyectos entre los cuales sobresale una obra que confronte los sistemas tolemaico y copernicano. En 1623, la elección del Cardenal Maffeo Barberini, su amigo personal, como Papa Urbano VIII, le da confianza en que seguirá gozando de la protección de la Iglesia. Eso lo anima a seguir trabajando en su gran obra que sale a la luz en 1632 con el nombre de *Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo, tolemaico y copernicano*. En dicha obra, tres personajes ficticios Salviati, el copernicano de mente aguda (que representa al propio Galileo), Simplicio, el aristotélico ortodoxo de pocas luces, y Sagredo, el árbitro imparcial, profano en el tema pero abierto a escuchar los argumentos en pro y en contra de ambos sistemas. El final de esta trama es obvio, Salviati triunfará en el debate demoliendo al pobre Simplicio con argumentos contundentes. La reacción de la Iglesia no se hace esperar y Galileo es conducido ante un tribunal de la Inquisición en 1633. El resultado de ese juicio es bien conocido, Galileo tuvo que abjurar del sistema copernicano, lo que probablemente

le salvó el pellejo, no obstante lo cual fue condenado a prisión perpetua. En realidad, sus últimos años no los pasó en prisión, sino recluido en lugares apartados, primero en el Palacio del Arzobispo de Siena, y luego en una villa cerca de Arcetri.

En resumen, podemos considerar a Galileo en muchos aspectos como el primer científico moderno. Su trabajo fue riguroso y sus conclusiones se basaban en datos observacionales o experimentales, utilizando como herramientas a las matemáticas. Como lo demuestran sus gestiones para interesar a los gobiernos de turno, trató de demostrar las aplicaciones prácticas de un instrumento como en el caso del antejo espía o el estudio de la trayectoria de una bala de cañón. En este sentido marcó un camino: la ciencia iría cada vez más a asociarse a las potenciales aplicaciones tecnológicas, apartándose de la discusión filosófica, podríamos decir del “saber desinteresado”. Dejaría de ser la filosofía natural como era considerada hasta ese entonces para pasar a funcionar en estrecha relación con la tecnología.

Es indudable que hoy en día la mayoría de la gente entiende que la ciencia está para

solucionar problemas concretos de la producción, la salud o el ambiente, mientras que la cultura está más asociada a las actividades del ser humano como el arte, la literatura o la música. Pienso que no debería ser así, que la ciencia sigue formando parte de la cultura porque la forma en que interpretamos la naturaleza no deja de ser una creación humana. No obstante, ese divorcio ciencia-cultura está hoy firmemente establecido, tanto en los medios de comunicación como en amplios sectores académicos y políticos. Pienso que la super-especialización del científico actual, como opuesta a una cultura general amplia exigida para un intelectual, fomenta ese divorcio. Falla además en buena medida la comunicación del científico con la sociedad. En este sentido, son ilustrativas las palabras del crítico literario Lionel Trilling (citado por G. Holton, *Einstein, historias y otras pasiones*, Taurus, 1998, p.84) :

***"Las concepciones operativas [de la ciencia] son ajenas a la gran mayoría de las personas educadas. No generan especulación cósmica, no comprometen la emoción ni desafían a la imaginación. Nuestros poetas son indiferentes a ellas ..."***

Este año con justicia se celebran los 400 años de un pequeño gran salto como fue el apuntar un telescopio hacia el universo. Esta celebración no debe hacernos olvidar que en ese mismo año 1609 Johannes Kepler publicó su *Astronomia Nova* que se convertiría en otro hito fundamental para que Newton desarrollara su teoría de la mecánica. En dicha obra Kepler formulaba dos de sus tres leyes sobre el movimiento planetario, la primera de las cuales enunciaba que los planetas se movían en órbitas elípticas y no circulares como lo prescribía la doctrina aristotélica. Ese *anno mirabilis* despertó aplausos, condenas y reflexiones sobre nuestro lugar en el cosmos. El mundo ya no sería visto de la misma manera. Al contrario de lo que acontece hoy, según Trilling, los poetas y escritores no fueron indiferentes a las nuevas concepciones cosmológicas y así Milton, Fontenelle y Voltaire, entre otros, se inspiraron en ellas. Aprovechemos la celebración de este año para rescatar y difundir al menos parte de la fascinación y emoción por el descubrimiento científico.

Montevideo, 17 de febrero de 2009