

LA CONSAGRACIÓN DEL TELESCOPIO COMO INSTRUMENTO CIENTÍFICO*

Samuel Doble Gutiérrez
sdoble@ull.es

RESUMEN

En sus orígenes, el primitivo antejo era sólo una novedad curiosa, mal construida y despreciada por el público. Con Galileo alcanza su definitivo estatus como instrumento científico principalmente porque trabajó sobre la base de los prototipos existentes, mejorándolos por la vía empírica. Desde un punto de vista técnico, sin embargo, los telescopios galileanos dejaban mucho que desear. A pesar de la enorme utilidad que reveló el utensilio, su análisis revela que la oposición con la que se encontró Galileo desde un primer momento no sólo tenía que ver con intereses políticos e ideológicos, o con el problema de la infradeterminación de la teoría por los datos, sino que también tenía un fundamento empírico. Las limitaciones de las que adolecía el sistema óptico ensayado por Galileo fueron rápidamente solventadas desde la vía empírica por Kepler, quien diseñó otro modelo de telescopio refractor más adecuado para el uso astronómico.

ABSTRACT

«The Rise of the Telescope as a Scientific Instrument»: In its origins, the ancient *spyglass* was only a mere toy, bad-built and depreciated by the people. In Galileo's hands, it reached its definitive status as a scientific instrument, mainly because he worked upon the previous devices, improving them in an empirical way. Although the Galilean telescopes were better than the existing ones, they were not especially good from a technical point of view. In despite of their utility, if we analyse them, we will see that the opposition that Galileo suffered since early moments concerned not only political and ideological interests, but it had also an empirical basis. Kepler solved the limitations that suffered the Galilean prototype quickly, although only in the theoretical way. The Keplerian telescope became then more adequate for an astronomical use.

Nadie pone en duda el protagonismo del telescopio como fuente de estímulo del desarrollo de la ciencia moderna; de hecho, su concurso resultó esencial para configurar la nueva cosmovisión que se instauraría a partir del Renacimiento. Sin embargo, sus comienzos fueron bastante duros e inciertos, y se hizo necesaria la confluencia de una serie de tradiciones cuyo advenimiento no tuvo lugar de modo natural ni simétrico, ni tan siquiera gradual; y, como en un esquema arbóreo, algu-



nas de estas tradiciones fueron heurísticamente más fecundas que otras, bastante más desafortunadas, que se encontraron rápidamente al final de un callejón sin salida. Es por ello que, si se concibe el desarrollo científico como estrechamente dependiente del grado de estabilidad de ciertas redes en las que se entrecruzan no sólo lo que tradicionalmente se ha considerado como «hechos» y teorías, sino también intereses de todo tipo, económicos, sociales, retóricos, visuales, estéticos y cognitivos, el telescopio puede erigirse en un caso paradigmático en este modo de concebir el proceder científico, heredado de los estudios etnográficos de la ciencia¹.

Hablar del telescopio como instrumento científico conlleva hablar, naturalmente, de Galileo Galilei. El *modus operandi* mediante el cual el ilustre matemático pisano operó la transformación a la que antes aludíamos puede resumirse quizá del siguiente modo:

1. Movilización del Universo conocido hasta entonces, desplazándolo hasta su primitivo «laboratorio»: las diferentes ilustraciones al margen de sus textos, junto con su traducción lingüística, llevaban ese Universo a la sala de lectura de sus potenciales lectores, quienes dominaban —con él— esa porción conocida del cosmos; era un modo muy sutil de inducir a los demás a ver lo mismo que él veía.
2. Recluta aliados y colegas que se hicieran eco de sus investigaciones: hablamos de Kepler, los grandes textos y autores clásicos de la tradición, toda una ralea de discípulos, amigos, *virtuosi*, notables y poderosos de la época: príncipes, obispos, duques, cardenales...
3. Captación de una ingente masa de aficionados y curiosos en virtud del tipo de información proporcionada por el telescopio, una información no matematizada accesible a individuos no versados en la materia ni pertenecientes a comunidad científica alguna. Esto lo reforzaría escribiendo una parte considerable de sus obras no en latín, sino en la lengua en la que se expresaba comúnmente el pueblo. De este modo, el telescopio devino en instrumento propagandístico de primer orden².
4. Representación pública —y de modo extraordinariamente positivo— de su trabajo, considerándolo el asunto más importante y digno de ser estudiado³.

* Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a la Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia por permitirme el libre acceso y la consulta de su patrimonio bibliográfico. Las citas correspondientes a los fragmentos seleccionados de las obras de Galileo corresponden a la edición clásica de las *Opere* a cargo de A. Favaro, en 20 vols., seguidas del tomo y las páginas correspondientes.

¹ Y que, al menos en lo que concierne a este trabajo, es deudor de las categorías empleadas por B. LATOUR, S. WOOLGAR [1979], y B. LATOUR [1987, 1991, 1999].

² Cf. Th.S. KUHN (1957): *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought*. Harvard [trad. cast. *La revolución copernicana: la astronomía planetaria en el desarrollo del pensamiento*. Barcelona: Ariel, 1996, p. 290].

³ Quisiera ilustrar este aspecto con un ejemplo extraído de los textos de Galileo: «A mi parecer, entre las cosas naturales aprensibles, la constitución del universo puede ponerse en primer lugar, puesto que si ésta, como continente universal, supera a cualquier otra en magnitud, como



El motivo principal era el obtener subvenciones para sufragar los costes de una investigación que cada vez iba consumiendo mayor cantidad de recursos, pues requería constantemente materias primas de mayor calidad y con acabados más óptimos.

Como se puede apreciar, esta gestión no sólo se debe analizar en términos que pueden considerarse exclusivos de lo que tradicionalmente se ha venido considerando como factores «internos» a la propia ciencia, sino que se debe tener en cuenta, como parte de la praxis científica, elementos que tienen que ver con valores e intereses de todo tipo.

LA GÉNESIS DEL ANTEOJO:

El telescopio que a la postre sería conocido como «telescopio galileano», perteneciente a la categoría de los llamados «telescopios de refracción», consistía básicamente en un tubo de plomo que cobijaba dos lentes en sus extremos: un ocular cóncavo, es decir, más delgado en el centro que en los extremos, y un ocular convexo, esto es, más grueso en el centro que en los extremos. En este sentido, su estructura es similar a la del anteojo holandés. Los testimonios existentes sugieren que su invención se debe a un artesano flamenco llamado Hans Lippershey⁴ quien, en 1608 y de modo casual, mientras estaba superponiendo lentes para comprobar la calidad de su trabajo, dio con esta feliz combinación. Tras realizar diversos ensayos, e imaginar que aquello era potencialmente rentable, decidió disponer dichas lentes en un tubo, y así fue construido el primer anteojo. Satisfecho ante su hallazgo, y consciente de que difícilmente podía ser mantenido en secreto durante mucho tiempo —en realidad sólo unos cuantos días—, rápidamente salió a ofrecérselo al príncipe Maurice de Nassau, estatúder de los Estados Generales de Holanda, que en aquellos momentos estaba en guerra con la España de Felipe III⁵. Cuando se

regla y sustento de todo debe también superarla en nobleza» [cf. *Dialogo sopra i dui massimi sistemi...* en *Opere*, VII, p. 27. El profesor Beltrán, en A. BELTRÁN (2001): *Galileo, ciencia y religión*. Barcelona: Paidós, p. 86, llama la atención sobre este tipo de expresiones para referirse a las expectativas que Galileo pretendía satisfacer con la edición del *Diálogo*, y que estima manifiestamente incumplidas; lejos de atribuir esta *estafa intelectual* a la impericia de Galileo, habría que achacársela a las vicisitudes sufridas por la propia obra, pues «el *Diálogo que ha llegado hasta nosotros no es la obra que Galileo hubiera querido escribir. Ni siquiera es la obra que escribió porque le corrigieron y cambiaron textos, le impusieron una estructura, le obligaron a presentar unas ideas y eliminaron otras*» [op. cit., p. 202].

⁴ Véase al respecto el excelente trabajo de A. VAN HELDEN (1977): «The invention of the telescope», en *Transactions of the American Philosophical Society*, vol. 67, parte 4.

⁵ A comienzos del siglo XVII, las siete provincias del Norte de los Países Bajos (Frisia, Groninga, Güeldres, Holanda, Overijssel, Utrecht y Zelanda) se hallaban federadas y gobernadas por los Estados Generales, cuya sede gubernamental se encontraba en La Haya. Esta unión fue efectiva a raíz de la Unión de Utrecht, acordada el 23 de enero de 1579. El país estaba fragmentado en dos áreas principales, de influencias católica y protestante; la república del Norte, cuyo núcleo es



estaba estudiando la solicitud de la patente del invento, se tiene constancia de que diferentes artesanos se apresuraron a construir ingenios similares, desatándose una fuerte polémica desde un principio sobre la verdadera autoría, puesto que estaban en juego las ventajas económicas que ello supondría.

Curiosamente, las propiedades de cada uno de los elementos que componen el utensilio eran conocidas, al menos, desde la Antigüedad clásica. Aristóteles, por ejemplo, alababa las virtudes del empleo de un tubo para ver las cosas con mayor nitidez⁶. En el caso del vidrio, parece ser que su aparición data del año 3500 a. C., siendo los fenicios los primeros en fabricarlo a gran escala⁷. Pero los vidrios que aparecen mencionados en la literatura grecolatina parecen ser más bien de forma globular, al estilo de las canicas, que lenticular⁸. Con su definitiva forma lenticular pueden localizarse en Inglaterra al menos desde mediados del siglo XIII, según puede leerse en la obra de Roger Bacon⁹. Desde ese momento, se generaliza el empleo de las lentes para el uso de la vida, puesto que sus aplicaciones eran diversas: se mostraban tan útiles para provocar fuego como para corregir defectos visuales. En el otro extremo, estaban aquellos que experimentaban de un modo lúdico con los diferentes efectos ópticos generados por el paso de la luz a través de los diferentes tipos de lentes y espejos. Indudablemente, esto restringía el ámbito de aplicación de los vidrios ópticos a los círculos más o menos ilustrados y a los *magos* naturales, frecuentemente acusados de nigromancia¹⁰.

Pero, a pesar de que las lentes como tales existían desde el siglo XIII, no empezaron a ser moneda de uso común en la literatura especializada hasta el siglo XVI. Un largo paréntesis, sin duda. No obstante, en Inglaterra permanecía indeleble la huella dejada por Roger Bacon, confiriendo continuidad a una tradición que se remontaba al medievo. Con la obra de John Dee¹¹ se dio un paso más respecto a tiempos preté-

la actual Holanda, fue económicamente de considerable importancia, y su organización artesanal e industrial guardaba cierto paralelismo con el modelo inglés. Ambos países habían desarrollado un sistema de patentes por medio del cual los gobiernos registraban inventos potencialmente rentables, concediendo a sus autores el derecho a su explotación comercial durante un cierto tiempo; además, garantizaban igualmente que, dentro de los límites estatales, ningún otro obtuviese licencia alguna para fabricar instrumentos de corte similar.

⁶ Cf. *De generatione animalum*, Lib. v, 780b-781a. La referencia a este pasaje se justifica, además, en tanto en cuanto el propio Galileo comentaba que, en cierta ocasión, algún afamado profesor habría afirmado que dicho fragmento había inspirado la construcción del anteojito [cf. *Dialogo sopra i dui massimi sistemi del mondo*, en *Opere*, VII: 135].

⁷ Según se desprende de la monumental obra de Cayo Plinio Segundo: *Historia Natural* [trad. y notas de Francisco Hernández y Gerónimo de Huerta], tomo IIA. Madrid: Visor, 1998, 185].

⁸ Cf. SENECA: *Naturales Quaestiones*, Libro I, 6.5. Anteriormente, también se halla presente, aunque dentro de un contexto satírico, en Aristófanes: *Las Nubes*, 765-775.

⁹ Cf. *Opus Majus*, vol. 2, cit. por A. VAN HELDEN (1977), 28.

¹⁰ Esta misma expresión la emplea R. Recorde (1551): *The pathway to knoeledg*, containing the first principles of geometrie [cit. por VAN HELDEN, A. (1977), p. 29] para recoger la opinión que el vulgo tenía de Roger Bacon.

¹¹ Cf. «Preface» of *The elements of geometrie of the most ancient philosopher Euclide of Megara* (1570) [cit. por A. VAN HELDEN, A. (1977), p. 29; y H. KING (1955): *The history of the telescope*. New York: Dover Publications Inc, 1979, p. 29].

ritos al reconocer la utilidad de las lentes para el arte de la guerra, pues permitía adivinar los movimientos del enemigo y su potencial con una cierta antelación. Pero la gran diferencia entre los *spyglasses* holandeses y los *perspective glasses* ingleses, o incluso italianos, es que las descripciones existentes de estos últimos parecen referirse a estructuras similares a una lupa, consistentes en una lente bicóncava encajada en un marco, del cual pendería un pie. Y un utensilio consistente en la combinación de, al menos, dos lentes entraña un objeto sustancial y cualitativamente diferente.

Y aquellos vientos trajeron estas tempestades, pues a los oídos de Galileo llegaron noticias sobre el *spyglass* holandés en mayo de 1609, mientras éste se encontraba en Venecia¹². Cuando regresó a Padua, posiblemente tras las huellas de alguno de los artesanos que iban de ciudad de ciudad intentando vender sus utensilios, se aplicó en la construcción de un instrumento similar. El primero era de tres aumentos, y no servía para mucho; posteriormente construyó otro mejor, de ocho aumentos, y que regaló al Gobierno de Venecia el 24 de agosto de 1609. Galileo destacó en ese momento las ventajas inestimables tanto en mar como en tierra, pero tenía en mente otros usos «que toda persona juiciosa adivinaría fácilmente»¹³, según destacó en su presentación. El *Sidereus Nuncius*, publicado en marzo de 1610, fue su resultado, inaugurando con ello la era telescópica de la astronomía.

TESTANDO LA VALIDEZ CIENTÍFICA DEL INSTRUMENTO

El primer objeto de estudio de Galileo fue la Luna, no en vano es el astro más cercano a nosotros y, dado su tamaño aparente, puede ser observado con telescopios bastante modestos. Pero, aunque Galileo haya sido el primero en publicar sus observaciones, cierto es que no cabe decir lo mismo en cuanto al hecho de dirigir un antejo a los cielos. El inglés Thomas Harriot, por ejemplo, ya le había precedido en el intento de cartografiar nuestro satélite cuando Galileo empezó a sondear los cielos con su antejo. De 1609 datan las primeras observaciones de la Luna realizadas por Harriot con un telescopio de seis aumentos, y aun existen dibujos que realizó del cuerpo lunar entre el 5 de agosto de 1609 y el 25 de septiembre de 1610, ambas fechas inclusive¹⁴.

¹² Así lo hace saber al comienzo del *Sidereus Nuncius* (1610).

¹³ Cf. *Opere*, x, pp. 250- 251. Vasco Ronchi, en V. RONCHI (1964): *Storia del cannocchiale*. Città del Vaticano: Pontificia Accademia delle Scienze, pp. 794-795, subraya la idea de que esta fecha marca el inicio de la ciencia moderna, puesto que por vez primera se afirma casi de modo solemne la enorme utilidad del telescopio como instrumento de uso científico.

¹⁴ Es importante tener en cuenta que tales fechas corresponden al calendario gregoriano. Las fechas de los bocetos originales corresponden al calendario juliano, puesto que Inglaterra no aceptó la reforma emprendida por el Papa Gregorio XIII hasta bien entrado el siglo siguiente. Ésa es la razón por la que las fechas anotadas en los bocetos originales oscilan entre el 26 de julio de 1609 y el 15 de septiembre de 1610.



Desde finales de 1609 Galileo realiza una serie de observaciones sistemáticas del cuerpo lunar, llegando a la conclusión de que su superficie no era lisa, sino bastante rugosa en apariencia. Vista a través del telescopio, se comprobaba que la frontera entre las regiones iluminada y oscura no seguía una progresión curva perfectamente regular, sino «una línea desigual, áspera y notablemente sinuosa»¹⁵; además, puesto que la zona oscura aparecía salpicada de puntos luminosos, y la parte brillante aparecía moteada de pequeñas sombras, dedujo que los accidentes orográficos de la Luna eran, de suyo, similares a los terrestres, aunque las mediciones realizadas sugerían que el relieve era bastante más pronunciado en términos absolutos. De no ser así, si la superficie de la Luna fuese perfectamente esférica y lisa, como se concebía tradicionalmente, posiblemente permanecería invisible para nosotros, pues sólo podría reflejar una porción muy pequeña de los rayos de luz que recibiese, y la superficie iluminada apenas sería mayor que un punto muy concreto. Estas conclusiones, como vemos, no implican «sólo» una simple cuestión observacional, sino también un tipo de explicación que entraña certidumbre geométrica.

Mas de las cosas contempladas hasta la fecha, el propio Galileo reconocía que el descubrimiento más crucial era el de «cuatro estrellas errantes que nadie antes de nosotros ha conocido ni observado, las cuales, a semejanza de Venus y Mercurio en torno al Sol, presentan sus propios periodos en torno a una estrella insigne que se cuenta entre las conocidas, ora precediéndola, ora siguiéndola, no alejándose jamás de ella fuera de ciertos límites»¹⁶. Concretamente, el siete de enero de 1610 observó Galileo tres de los cuatro satélites mayores de Júpiter; en la noche del día trece logró observar los cuatro, si bien había intuido su existencia dos días antes, concretamente en la noche del día once.

Anteriormente, Galileo había mirado hacia formaciones estelares como la constelación de Orión y las Pléyades, descubriendo, con la ayuda de su anteojo cósmico, un sinnúmero de estrellas nunca vistas hasta ese momento, de intensidad inferior a las de sexta magnitud, el límite de las observables a simple vista. De igual modo, la Vía Láctea dejaba de ser una simple región blanquecina que se destacaba en el cielo nocturno para manifestarse como un cúmulo de estrellas cuyo brillo se confundía. Por ello interpretó, en un principio, que las nuevas estrellas aparecidas en torno a la «estrella errante» de Júpiter eran «estrellas fijas» del tipo de las anteriormente descritas. Pero, a medida que se iban sucediendo las observaciones, el cambio de posición de estas nuevas estrellas era algo que desconcertaba a cualquiera. Es por ello que Galileo considerase diversas hipótesis para interpretar estas *anomalías*:

En primer lugar, supuso que era Júpiter el que realizaba un movimiento enormemente rápido teniendo como telón de fondo unas pequeñas «estrellas fijas» no percibidas con anterioridad, aunque curiosa y admirablemente dispues-

¹⁵ Cf. *Opere*, III, parte prima, p. 63.

¹⁶ Cf. *Opere*, III, parte prima, p. 60.

tas en una línea recta paralela a la Eclíptica; lo extraño de este fenómeno era que contradecía de modo flagrante el movimiento esperado según los cálculos que predecían el movimiento del planeta, pues no se esperaba que, en aquella fase, Júpiter se encontrase en pleno movimiento directo, pues las tablas astronómicas predecían para esas fechas una fase de retrogradación en el movimiento aparente; además, pese al devenir de Júpiter, tales «estrellas» seguían siendo las mismas.

Descartada esta hipótesis, aventuró en un segundo momento que dichas «estrellas» eran móviles, atribuyéndoles por tanto el cambio aparente; pero, pese a ser astros muy brillantes, la ausencia de emisiones centelleantes era un dato muy a tener en cuenta. En efecto, todo cuerpo aparecía, mediante el anteojo cósmico, aumentado de tamaño, aumento que no era perceptible en las estrellas fijas, pues «primero elimina los fulgores postizos y accidentales de las estrellas para aumentar luego sus simples esferas (si fuesen de figura esférica), por lo que parecen aumentar según una proporción menor»¹⁷.

Finalmente, Galileo acabó admitiendo que, precisamente por su opacidad, tenían que ser necesariamente «planetas secundarios» que acompañaban a Júpiter en su revolución en torno al Sol. Estos cuatro nuevos «planetas» fueron bautizados por Galileo como «planetas medicos» en homenaje a la estirpe de los Médicis en la figura de Cosimo II.

Pero las novedades celestes no se agotaban en el *Sidereus Nuncius*. Las tres cartas sobre las manchas solares de Galileo se escribieron entre mayo y diciembre de 1612, publicándose una compilación de ellas el 22 de marzo de 1613 bajo el título *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*¹⁸ bajo el auspicio de la *Accademia dei Lincei*. En la primera, Galileo analiza los argumentos esgrimidos por el jesuita Christophoro Scheiner, mostrando sus insuficiencias; pero quizá lo más interesante de esta carta es que emplea por vez primera el término «telescopio»¹⁹, creemos que para diferenciarlo cualitativamente del «tubo óptico» que Scheiner dijo haber empleado²⁰. En la segunda, sin embargo, Galileo desarrolla de un modo más sistemático su distanciamiento crítico respecto de su adversario. Para ello era menester establecer *discursivamente* que tales manchas eran contiguas a la superficie del sol y que su evolución obedecía al movimiento de rotación del astro rey. Y, a tal efecto, desarrolló tres argumentos a favor de esta hipótesis:

1. Las manchas, justo en el momento de aparecer o desaparecer, se muestran pequeñas en longitud. A medida que progresan en su trayectoria, tales manchas

¹⁷ Cf. *Opere*, III, parte prima, p. 76.

¹⁸ Cf. *Opere*, v, pp. 71-249.

¹⁹ Cf. *Opere*, v, p. 97.

²⁰ Cf. *Opere*, v, pp. 26, 10.



aumentan de tamaño aunque la anchura se mantiene. Esto da pie a pensar que no son simples pecas, sino que son figuras tridimensionales e irregulares, producto de emanaciones que se elevarían desde la superficie solar hasta alcanzar cierta altura, como si fueran nuestras nubes.

2. Los espacios atravesados por dichas manchas en fracciones de tiempo similares son menores a medida que se van aproximando a la superficie de la circunferencia del Sol.
3. Los intervalos entre manchas varían en función de su emplazamiento: así, se irán distanciándose entre ellas según vayan acercándose al ecuador; el momento de separación máxima entre ellas se da cuando ambas están a una distancia similar del centro del disco solar. A partir de ahí, se establece entre ambas una relación de aproximación, que alcanza su máxima expresión en el momento en que ambas se aproximan nuevamente a la circunferencia.

Al igual que en el caso de la Luna, los estudios en perspectiva fundamentarían geoméricamente las hipótesis de partida. En los argumentos esgrimidos se palpa una suerte de combinatoria entre el sentido común y la geometría de la proyección sobre superficies curvas. Ahora bien, la observación de las manchas solares desde luego que no se efectuó directamente, sino empleando un método tan sencillo como ingenioso: registrando gráficamente las manchas solares mediante la proyección de imágenes telescópicas sobre una hoja de papel a cierta distancia del extremo del instrumento, método ideado por su amigo y discípulo Castelli. Galileo procedía a trazar posteriormente un círculo en dicha lámina, y después reajustaba la imagen telescópica hasta hacerla encajar en los límites de la circunferencia: así se aseguraba que el plano del papel no estuviese inclinado de modo que diese una imagen falsamente elíptica. Sobre el lienzo procedía a calcar posteriormente las imágenes aparecidas.

Además de las manchas solares, el telescopio deparó aún otras sorpresas, de las cuales Galileo no da cuenta en alguna obra específica, sino sólo en su correspondencia; durante el desarrollo de la investigación de estos nuevos fenómenos, el autor de los *Discorsi* se habría servido de anagramas para asegurarse la primicia de los descubrimientos. Sólo así obtendría el reconocimiento definitivo de su valía como hombre de ciencia sin verse envuelto en litigio alguno, como le había sucedido en alguna otra ocasión.

Gracias al telescopio, Galileo se percató de que la figura del planeta Venus, en el preciso instante en que se hallaba más alejado de la Tierra —momento en que su diámetro aparente era menor, aunque más iluminado—, aparecía perfectamente esférico. Por el contrario, en los momentos en que se hallaba más cercano a nuestro planeta, su diámetro aparente aumentaba, aunque su iluminación era mínima. Visto desde nuestra posición, se mostraba corniforme como la Luna en fase creciente. Por lo tanto, a simple vista, existe una compensación entre el tamaño aparente y su grado de iluminación, con lo que no es apreciable una diferencia sustancial a la hora de percibir dicho planeta sin la inestimable ayuda del telescopio. A propósito de las fases del planeta Venus, Galileo, en una carta, le comunicaba a Giuliano de Médici, el 11 de diciembre de 1610, que «*Haec immatura a me*



*iam frustra leguntur o y»*²¹. La solución la desveló el día de año nuevo del siguiente año: «*Cynthiae figuras aemulatur mater amorum*»²².

Que Venus imitara las fases de la Luna era algo que ya había sido predicho por Copérnico²³, puesto que esto sólo era posible en una ordenación copernicana del Universo. Y a esto sí le había sacado rendimiento teórico Galileo: en efecto, según el esquema ptolemaico, la elongación máxima de Venus sería de 45° y, suponiendo que fuese un cuerpo opaco, jamás estaría iluminada una superficie mayor del 25%.

Más extraño fue lo que aconteció con Saturno, el último de los planetas conocidos entonces. De una ilegible sucesión de caracteres, Kepler, obsesionado como estaba por el número de satélites que debía tener el planeta Marte para reflejar una estructura admirablemente matemática, en tanto que eslabón intermedio entre el satélite terrestre y los —hasta entonces— cuatro que circunvolucionaban alrededor de Júpiter, coligió que dos debían ser los satélites de Marte: «*Salve umbistineum geminatum Martia proles*»²⁴, según una relación de progresión, tanto aritmética (1, 2, 4, 6...) como geométrica (1, 2, 4, 8...). La solución correcta la desveló Galileo en otra carta, datada el 13 de noviembre de 1610, dirigida nuevamente a Giuliano de Médici. En ella desveló el siguiente secreto: «*Altissimum planetam tergeminum observavi*»²⁵, es decir, que Saturno mostraba una sorprendente apariencia tricorpórea.

Debido a la limitada potencia del antejo, en aquellos momentos Saturno aparecía como un conjunto de tres estrellas casi siamesas si bien, con un telescopio aún menos potente, no se vería más que un único cuerpo de figura ovalada, como una aceituna. Aun en 1612, en una carta dirigida al lincoo Markus Welser, fechada el 1 de diciembre, le confesó su extrañeza al notar que, hacía pocos días, aquellas «orejas» que suponía inmóviles habían «desaparecido», aunque en el último solsticio de verano las había vuelto a ver, apareciendo Saturno en ese momento como un cuerpo perfectamente esférico: «¿Habría Saturno, como en el mito, devorado finalmente a sus propios hijos?», comentó en un tono melodramático Galileo al mismo Welser²⁶. Ciertamente, estaba en juego nada más y nada menos que la propia competencia de Galileo como observador, así como la fiabilidad de sus instrumentos. Mas tales compañeros de viaje reaparecieron en el solsticio de verano de 1615, desapareciendo nuevamente poco después. Del 3 de septiembre de 1616 data una carta dirigida a Federico Cesí en la que expone que lo que antaño parecían ser dos pequeños globos perfectamente redondeados que flanqueaban a Saturno, se mostraba ahora como «dos medios eclipses con dos triángulos oscurísimos»²⁷.

²¹ Cf. *Opere*, x, p. 483.

²² «La madre de los amores emula las fases de Cintia», en *Opere*, XII, p. 12.

²³ Cf. *De Revolutionibus* I, x.

²⁴ «Salud, joyas gemelas, marciana prole», en *Opere*, III, parte prima, p. 185.

²⁵ «Observé que el planeta más alto era triple», en *Opere*, x, p. 474.

²⁶ Cf. *Opere*, XI, p. 237.

²⁷ Cf. *Opere*, XII, p. 276.



A diferencia de lo sucedido con Venus, Galileo no fue lo suficientemente audaz como para arrimar el ascua a su sardina copernicana, pues no llegó a la conclusión de que las aparentes variaciones del planeta podían ser debidas en parte a la iluminación solar observada desde nuestro planeta siempre y cuando se pensara en clave heliocéntrica. Eran demasiadas novedades en muy poco tiempo, difícilmente conciliables con el entramado reticular aristotélico-ptolemaico.

Todos estos descubrimientos, interpretables desde el copernicanismo, fueron la fuente de numerosos problemas que sufrió Galileo. Y ello no porque sus adversarios se empeñasen únicamente en perpetuar a toda costa el sistema ptolemaico. Esto es, que no era sólo una cuestión de teoría o de poder político. Era también una cuestión práctica, y el propio Galileo era consciente de ello pues, a mediados de noviembre de 1616, afirmaba tajantemente que cabía considerar únicamente como «telescopio» todo antejo capaz de multiplicar «cuarenta o cincuenta veces la vista natural»²⁸. Y es que muchos aficionados y diletantes manejaban ejemplares de ínfima calidad que podían adquirirse en cualquier tienda en las principales ciudades europeas.

Puesto que ambos prototipos —el holandés y el galileano— eran estructuralmente isomorfos, la diferencia específica entre estos antejos refractores tampoco cabe hallarla en el uso al cual estaban destinados porque, si no, correríamos el riesgo de confundir la causa con su consecuencia. El prototipo holandés conocería un uso lúdico o, en su aplicación más seria, un uso militar. El galileano, por el contrario, sería válido también para el uso astronómico o científico. ¿Cómo fue esto posible?

Primero, contando con vidrios de una dureza y calidad apropiadas; los que normalmente estaban disponibles eran de mala calidad, salpicados de burbujas y de tonos de color rojizo y verdoso.

Segundo, con un esmerado tratamiento, con el fin de conferir una curvatura perfecta a la superficie pulida.

Y, tercero, disponiendo las lentes en el siguiente orden: un ocular cóncavo y un objetivo convexo, relacionando además matemáticamente sus distancias focales.

La satisfacción de las dos primeras condiciones estaba al alcance de cualquier artesano medianamente competente en su materia; la última, en cambio, era únicamente accesible a individuos versados en técnicas matemáticas, los cuales adolecían, precisamente, de la capacidad para traducir el resultado de sus investigaciones al ámbito experimental. A diferencia de sus predecesores, Galileo era un avezado matemático dotado de una extraordinaria habilidad manual, y creo que esto resultó decisivo en la transformación experimentada por el primitivo antejo. Esto nos mueve a considerar que el telescopio galileano es, a grandes rasgos, una versión mejorada del antejo holandés, aunque Galileo sí que introdujo un pequeño detalle que no se hallaba presente en sus predecesores: el diafragma de apertura.

²⁸ Cf. *Opere*, XII, p. 293.

Históricamente, las limitaciones técnicas fueron las que, desde un principio, habrían cercenado la confianza potencial que se podría haber tenido en el uso del primitivo anteojo como instrumento científico. Por ello creo que aquí encontramos una posible justificación al hecho de que los elementos básicos que componen un telescopio hayan tardado muchos siglos en asociarse y actuar conjuntamente.

Pero aún otro detalle hacía falta para distinguir al curioso artilugio y para consagrarlo de manera definitiva: un nombre. Curiosamente, pese a que es de dominio común el binomio «Galileo-telescopio», el ilustre pisano no fue quien bautizó a los instrumentos que desvelaban cosas inauditas en los cielos; rastreando en sus escritos, encontramos que fue incapaz de resolver de un modo satisfactorio esta cuestión. Así, en el *Sidereus Nuncius*, se refería a su aparato como *organum* (instrumento); posteriormente, coquetearía con otros dos nombres diferentes: *perspicillum*, cuando escribía en latín; u *occhiale*, cuando lo hacía en toscano. El término latino designaba simplemente a un mecanismo que disponía de una sola lente óptica; el plural de *occhiale*, *occhiali*, designaba por aquel entonces al primitivo par de anteojos para corregir la visión. También estuvo flirteando con *strumento*, pero las resonancias pretelescopicas de su homónimo latino, *instrumentum*, podía generar aún más confusión. Hubo que esperar hasta el 14 de abril de 1611, un año después de la publicación del *Sidereus Nuncius*, para que el anteojo cósmico recibiese de manera definitiva el nombre de «telescopio», lo que acaeció en el transcurso de una cena organizada por el entonces Marqués de Monticelli y Duque de Acuasparta, Federico Cesi, presidente de la *Accademia dei Lincei*, para rendir cumplido homenaje a los descubrimientos astronómicos galileanos. Entre los presentes se hallaban el propio Galileo y un filólogo y teólogo griego, Ioannes Demisiani de Cephalonia, «a cuya ingeniosa mente debemos el nuevo nombre de telescopio, más apropiado que el de *perspicillum*»²⁹. Por lo tanto, habría sido Demisiani quien habría sugerido al príncipe Cesi la pertinencia de emplear este nuevo nombre, quien luego lo hizo público, recogiendo el beneplácito entre los allí presentes. Precisamente por haber sido Cesi quien desvelara el nuevo nombre ha propiciado que la autoría del nombre haya sido objeto de controversia desde sus inicios³⁰.

²⁹ Cf. Giulio Cesare Lagalla (1612): *De Luce et Lumine*, en *Opere*, III, parte seconda, pp. 925- 929: 927. Este pequeño tratado se editó junto a otro libro del mismo autor, *De phenomenis in orbe lunae novi telescopii usu a D. Gallileo Gallileo nunc interum Phyfica disputatio* [en *Opere*, III, parte prima, pp. 311-399], en el que aparecía por vez primera el término «telescopio» en la literatura científica. Con esta afortunada denominación, que no sólo pervive hasta nuestros días sino que, además, inspiró otros muchos de corte similar como microscopio y helioscopio, se reconocía el valor científico del nuevo instrumento en el seno de la *Accademia*.

³⁰ Remito al lector al magnífico estudio de E. ROSEN (1947): *The naming of the telescope*. New York: Henry Schuman Inc. Publishers, para un tratamiento exhaustivo de esta cuestión.



EN EL PRINCIPIO FUE LA EMPIRIA...

Existe un amplio consenso relativo a que el telescopio de Galileo se debe más a su pericia técnica que al conocimiento que éste tenía de la teoría óptica. Para ilustrar este punto, me parece pertinente traer a colación un texto extraído de la *Magia Naturalis* de Giambattista della Porta:

Por medio de cristales cóncavos se verían con mucha claridad objetos distantes pequeños; con cristales convexos, se agrandan las cosas próximas aunque se vean algo borrosas. Si se conociera cómo combinarlos exactamente se verían tanto los objetos que están distantes como los próximos, a la vez de mayor tamaño y con más claridad³¹.

Comparemos este texto con un fragmento de *Il Saggiatore* (1623) de Galileo, en el que explica cómo llegó a la construcción del telescopio:

Hoy sabemos que el holandés, primer inventor del telescopio, era un simple maestro de lentes ordinarias y que, casualmente, manejando lentes de muchas clases, acertó a mirar al mismo tiempo por dos, una convexa y la otra cóncava, dispuestas a diversas distancias del ojo, y de este modo vio y observó el efecto que se seguía e inventó el instrumento. Pero yo, incitado por la mencionada noticia, encontré lo mismo a través del razonamiento [...].

Tal fue, pues, mi razonamiento: Este artificio o consta de un solo vidrio o de más de uno. De uno sólo no puede ser, porque su forma o es convexa, es decir, más gruesa en el medio que hacia los extremos, o es cóncava, es decir, más delgada en el medio, o está comprendida entre superficies paralelas; pero esta última no altera nada los objetos visibles, aumentándolos o disminuyéndolos; la cóncava los disminuye y la convexa los aumenta bastante, pero los muestra bastante confusos y deformados; por consiguiente, una lente sola no es suficiente para producir el efecto. Pasando después a dos y sabiendo que la lente de superficies paralelas, como se ha dicho, no altera nada, concluí que el efecto no podía seguirse tampoco del acoplamiento de éstas con alguna de las otras dos. Por lo tanto, me limité a experimentar con lo que resultaba de la composición de las otras dos, es decir, de la convexa y de la cóncava, y vi cómo obtenía lo buscado. Tal fue el proceso de mi invención, en la cual no me fue de ninguna ayuda la preconcebida idea de la verdad de la conclusión³².

Observando ambos textos en detalle, comprobamos que tanto della Porta como Galileo están diciendo prácticamente lo mismo, y sus descripciones no van más allá del conocimiento empírico que se tenía de las propiedades de las lentes. Es más, en el *Sidereus Nuncius*, cuando Galileo explicaba el método a seguir para determinar la potencia de un antejo, se expresaba en los siguientes términos:

³¹ Cf. Giambattista della Porta: *Magia Naturalis* [2ª ed, 1589]. Libro XVII, cap. x.

³² Cf. *Opere*, VI, p. 259.



A fin de establecer con facilidad el aumento del aparato, se dibujarán los contornos de dos círculos o cuadrados de papel, uno de los cuales sea cuatrocientas veces mayor que el otro, lo que ocurrirá cuando el diámetro del mayor sea veinte veces mayor que el del otro. A continuación, se mira desde lejos simultáneamente ambas superficies clavadas en la misma pared, observando la menor con un ojo aplicado al antejo y la mayor con el otro ojo libre, cosa que se puede hacer perfectamente a la vez manteniendo abiertos ambos ojos. En estas circunstancias, ambas figuras parecerán del mismo tamaño si el aparato multiplica los objetos según la deseada proporción³³.

Galileo, como se ve, describe algo en términos observacionales y experimentales, con un fuerte apoyo en la geometría visual típica del mundo griego. La formación que, en materia de óptica, tenía Galileo era bastante modesta, no superior a la de un estudiante corriente. En un cierto momento, el autor de los *Discorsi* llegó a insinuar que el fundamento teórico del telescopio se hallaba en una cierta «doctrina de las refracciones» que él prometería desarrollar más adelante, cosa que nunca hizo. A pesar de que desconocía el estudio detallado de los fenómenos de la refracción, suponemos que el autor de los *Discorsi* pretendía con ello desvincular el efecto óptico conseguido de la antigua y menospreciada tradición mágica que hundía sus raíces en el medievo. Esto era importante puesto que estaba en juego la fiabilidad del aparato, que corría paralela al grado de realidad de sus descubrimientos, los cuales se mostraban incompatibles con el entramado reticular aristotélico-ptolemaico.

Pero, como hemos visto anteriormente a propósito de los detalles que da en *Il Saggiatore*, Galileo se mostraba más cerca en ese punto del razonamiento discursivo más propio de un Sócrates pletórico que del razonamiento típicamente euclidiano. No olvidemos que, nuevamente en *Il Saggiatore*, Galileo sentencia firmemente que «contradecir la geometría es lo mismo que negar abiertamente la verdad»³⁴, y ese fundamento matemático brilla por su ausencia en la génesis del telescopio, no así en la interpretación que dio de lo que se veía a través de él. No resulta descabellado pensar que, de haber estado en posesión de dicho fundamento matemático, Galileo habría hecho uso de él, sobre todo tratándose de alguien que se atrevió a conjeturar las dimensiones que debía tener el Infierno descrito por Dante.

ESPLENDOR Y MISERIA DEL TELESCOPIO GALILEANO

Las especificidades técnicas de los diferentes telescopios construidos por Galileo posibilitaron que éstos ofreciesen un campo de visión luminoso, y las imágenes que podían verse a través de ellos apareciesen igualmente dispuestas que el

³³ Cf. *Opere*, III, parte prima, p. 61. Entre el *científico* pisano y *mago natural* el napolitano podemos captar una diferencia importante: della Porta habla únicamente de una posibilidad, fundada, pero una posibilidad al fin y al cabo; casi treinta y cinco años más tarde, Galileo habla de una potencia actualizada, ataviada con un hermoso ropaje deliciosamente retórico.

³⁴ Cf. *Opere*, VI, p. 214.



objeto. Por estas razones llegó a ser popular en la navegación y en la oscuridad. No obstante, su aptitud para el uso científico quedaba lastrada por una serie de limitaciones, que Galileo fue incapaz de resolver:

1. Aunque luminoso, el campo de visión era sensiblemente pequeño incluso en los prototipos de escasa potencia (los ejemplares que aún se conservan en el *Istituto e Museo di Storia della Scienza* de Florencia, por ejemplo, apenas rozan los 15 minutos de arco).
2. Las imágenes vistas a través de ellos son virtuales, es decir, que nunca se forman realmente. Por lo tanto, es imposible insertar marca alguna para calcular las distancias aparentes de los objetos observados. En este sentido, ni siquiera igualaban en precisión a los instrumentos ópticos pretelescopícos como el astrolabio.
3. Las imágenes aparecen deformadas, obedeciendo a un doble fenómeno de aberración: cromática y esférica. El primer caso es consecuencia de la propia naturaleza física de la luz, que se descompone en rayos de diferentes colores al atravesar una lente; a causa de este efecto dispersor, la lente tiene una distancia focal más larga para los rayos rojos que para los violetas. *Ergo*, el objeto es representado como una serie de imágenes dispuestas en el orden de los colores del espectro, incrementando su tamaño desde el violeta al rojo. La aberración esférica, por su parte, encuentra su razón en la propia forma geométrica de la lente y en el cambio de trayectoria experimentado por los rayos de luz en los procesos de refracción; como resultado, en la lente cóncava la imagen se muestra mal definida y nunca se puede focalizar correctamente. Y así, cuando el objeto es blanco y brillante, como el planeta Venus en el momento de máxima elongación, la imagen no puede ser focalizada nítidamente y, además, está coronada por un halo de un color intenso.

Estas deformaciones en las imágenes tornaron técnicamente problemáticas las observaciones, lo que puede explicar en parte la oposición que nuestro autor encontró desde un primer momento. Y es que era palpable una tensión existente entre lo real, las imágenes abigarradas, y lo virtual, los fenómenos celestes. Lejos de aparecer las imágenes vistas a través del telescopio como «claras y distintas», evidentes por sí mismas, lo que realmente se debía percibir era algo extraño y confuso *per se*, interpretable además desde una hipótesis absolutamente contraria al sentido común. Como hemos dejado entrever, el papel jugado por las matemáticas de la perspectiva fue fundamental en el momento de interpretar lo visto a través del telescopio³⁵. Este vínculo entre arte moderno y la ciencia renacentista no debe de sorprender, pues fue acertadamente señalado por el sociólogo alemán Max Weber, para quien los llamados «artistas experimentales» como Leonardo y los músicos del siglo XVI, «la ciencia significaba el camino hacia el arte verdadero, que para ellos era también

³⁵ Véase, por ejemplo, M. KEMP (1990): *The Science of Art*. Yale U. P. [trad. cast. *La ciencia del arte: la óptica en el arte occidental de Brunelleschi a Seurat*. Madrid: Akal, 2000, p. 108].

la verdadera *naturalidad*³⁶. El quehacer científico, indirectamente influenciado según Weber por el protestantismo y por el puritanismo, era otra de las vías de acceso a Dios. Este dato resulta especialmente significativo en los casos de Kepler e, incluso, de Galileo.

Recapitulando, con Galileo el telescopio adquirió el estatus de instrumento científico. Pero en él confluyeron, por un lado, la tradición experimental de las lentes en el momento de su génesis y, posteriormente, con el uso, la interpretación de lo visto recibió la ayuda inestimable del conocimiento de las matemáticas de la perspectiva³⁷. Y desde este punto de vista, teniendo en cuenta el nivel de desarrollo tecnológico de la época, da la impresión que Galileo había explotado al máximo las posibilidades científicas del instrumento. Es decir, que había llegado a un punto en el que, de pretender seguir por la vía, poco más habría podido añadir; y su labor, esquemáticamente, podría representarse a partir de ahí como una curva de rendimiento decreciente. Pero, afortunadamente para el telescopio, otro personaje entró en escena: el alemán Johannes Kepler, quien complementa a la perfección la aportación de Galileo en la articulación de la red. A falta de la pericia experimental de Galileo, la solvencia teórica de Kepler es indiscutible; podría decirse, resumiendo quizá de un modo un tanto grosero, que Kepler consiguió dotar de respetabilidad científica al instrumento desde la teoría. Pero vayamos por partes.

... Y LA EMPIRIA SE HIZO TEOREMA

Lo que hoy conocemos como «óptica científica» se había inaugurado con la *Óptica* de Euclides, escrita en torno al año 300 a.C., y su nacimiento estuvo vinculada a la hipótesis extroemisionista de la luz, es decir, a la noción que se tenía antiguamente de que la visión era resultado de rayos visivos que partían de los ojos y que se posaban en los objetos. Sin embargo, esta hipótesis alcanzó en la *Óptica* de Euclides un cierto grado de *verosimilitud matemática* puesto que, al establecer relaciones abstractas entre puntos, líneas y ángulos, se confería bastante operatividad al modelo independientemente de donde emanase la luz y hacia qué dirección progresaba. Se trataba de una luz simple, ideal y, por lo tanto, obediente a leyes «imposibles». También fue capaz de fundamentar la *perspectiva*, desentrañando las leyes que guían la reflexión y la formación de las imágenes en espejos planos y esféricos.

Esta tradición tuvo continuidad en autores como Ptolomeo, Alhazen, Vitellio y Bacon. Precisamente a partir de Bacon las corrientes experimental y teórica se funden, y los autores subsiguientes que tratan la cuestión óptica aderezan su concepción del proceso de la visión con un desarrollo matemático de las trayectorias de

³⁶ Cf. WEBER, M. (1919): *Politik als Beruf, Wissenschaft als Beruf* [trad. cast. *El político y el científico*. Madrid: Alianza, 1996, p. 204].

³⁷ Dicha relación entre matemáticas y perspectiva se había consagrado con anterioridad a los descubrimientos telescópicos en el diseño de instrumentos de topografía militar y balística.





los rayos de luz al atravesar medios de diferentes formas y densidades. A partir de entonces, la óptica pasa a ser considerada como una parte de las matemáticas al servicio de algún ámbito de lo sensible, a medio camino entre la matemática pura, que cobijaba en su seno a la aritmética y a la geometría, y la física. Ésta, ciencia de lo sensible, tomaba otro camino, independiente de la matemática. Anteriormente, la naturaleza de los rayos visuales y el mecanismo de la visión pertenecían a la esfera de la Filosofía, y normalmente se subsumían en marcos explicativos más generales y cualitativos.

Kepler publicó en 1604 su *Paralipomena ad Vittelionem (Añadidos a Vitellio)*. A pesar de la modestia implícita en el texto, esta obra en absoluto responde a los cánones de la «ciencia normal» que crece de modo acumulativo según el modelo clásico de Kuhn, sino que es una obra auténticamente revolucionaria³⁸, en la que dialoga críticamente con toda la ralea de autores de la tradición, especialmente Aristóteles, Cardano, della Porta, Euclides, Vitellio y Alhazen.

Pero en los *Añadidos* encontramos no sólo una teoría general de la naturaleza de la luz y de su propagación, en particular considerando su aplicación a la observación astronómica pretelescópica, que alcanzó su cenit con Tycho Brahe. Kepler era consciente igualmente de la necesidad de desentrañar el correcto funcionamiento del ojo, y para ello acude a los trabajos de los más destacados anatomistas y médicos; de ahí colige que el funcionamiento de aquél sería análogo al de la *cámara oscura*. Por lo tanto, la visión se produciría, según Kepler, cuando una representación del mundo situada ante el ojo se fija sobre la pared blanca de la retina, cuya superficie es cóncava. La imagen aparece invertida³⁹, aunque respetando las proporciones y la configuración cromática de la cosa vista; esta pintura o representación se compone de tantos conos como puntos hay en el objeto visto. Todos los conos «exteriores» concurren, naturalmente, en la obertura de la úvea, que es el espacio en donde se produce la intersección de éstos. Pero la totalidad de los conos posibles comparte una base común: la longitud del cristalino o, al menos, de alguna de sus partes, aunque se ve modificado por un proceso de refracción al atravesar la córnea; la cúspide de cada uno de los conos lo constituiría cada punto del objeto. Simétricamente, el otro cono comparte la base del cristalino, pero en la cima de cada uno de los conos formados se halla cada uno de los puntos de la representación figurativa sobre la superficie de la retina.

No obstante, hubo que esperar hasta que Kepler publicara en 1610 la *Dissertatio cum Nuncio Sidereo* para encontrar un primer esbozo del tratamiento matemático del mundo de la óptica aplicado a la cuestión de los anteojos, aunque aún no tenemos propiamente una descripción pormenorizada de lo que se ha dado en llamar el *telescopio kepleriano*. Gracias a esta obra, en la que Kepler saludaba

³⁸ Cf. V. RONCHI (1964): *Storia del cannocchiale*. Città del Vaticano: Pontificia Accademia delle Scienze, p. 765.

³⁹ Que la imagen resultante sea invertida es algo que estimamos decisivo a propósito del telescopio diseñado por el discípulo de Tycho Brahe, como se comprobará más adelante.

elogiosamente el *Sidereus Nuncius* galileano y comentaba las recientes novedades celestes desde un copernicanismo convicto y confeso, tuvo Galileo, además, conocimiento de la existencia de la *Óptica* de Kepler. El 1 de octubre de 1610, Galileo escribió a Giuliano de Médici, en aquellos momentos en Praga, solicitándole el favor de enviarle un ejemplar de la *Óptica* de Kepler, puesto que le resultaba imposible encontrarlo en Venecia⁴⁰. Más aún, de 1612 data una curiosa correspondencia que sostuvo Galileo con su amigo Sagredo, en donde éste le solicitaba que le enviase un ejemplar, no sólo de los *Añadidos*, sino también de la *Dióptrica*, obra que Kepler publicaría en 1611, y que aplicaría al telescopio las tesis generales de la óptica expuestas en 1604. Una vez conseguidas, Sagredo se mostraba esperanzado ante la ulterior lectura de las obras de Kepler y della Porta, autores que *a priori* parecían compartir la opinión que tenía Sagredo sobre el fenómeno de la visión⁴¹; esto aconteció el 18 de agosto. Un poco más tarde, el 22 de septiembre, se deshacía en elogios en sus alusiones a Kepler, «un hombre verdaderamente docto»; della Porta no mereció siquiera el más mínimo halago⁴². Esto quiere decir que, desde luego, en la construcción del telescopio, poco lugar hubo para la teoría, porque ésta le resultaba completamente desconocida a Galileo.

A pesar de congratularse por el reiterado compromiso con la causa copernicana que se fraguó unos cuantos años antes, en 1597⁴³, da la impresión de que, en ciertos pasajes de la *Dissertatio*, Kepler desafía en cierto sentido a Galileo, pues continuamente le insta a que le haga llegar un instrumento de los construidos por él, no para corroborar las nuevas maravillas recién descubiertas, las cuales da por supuestas, sino para averiguar en qué medida la combinación de lentes ensayada por Galileo había dado resultado⁴⁴:

Así, pues, Galileo, aunque ansiosamente espero tu instrumento, con todo, si la fortuna me es propia permitiéndome intentar su construcción tras vencer las dificultades, pondré manos a la obra por procedimientos similares. En efecto, o bien utilizará muchas lentes de ligerísima curvatura y de superficie esférica por ambas caras, disponiéndolas en el tubo a determinados intervalos, siendo las exteriores un poco más anchas, por más que el ojo se haya de poner en el límite de la intersección de los rayos paralelos de todas las lentes [...] o bien, a fin de poder corregir con mayor facilidad el error (si lo hubiere) en una única superficie, tallaré una sola lente o pinjante, una de cuyas superficies sea casi plana [...], mientras que la otra que está hacia el lado del ojo no será esférica [...]⁴⁵.

⁴⁰ Cf. *Opere*, x, p. 441.

⁴¹ Cf. *Opere*, xi, p. 379.

⁴² Cf. *Opere*, xi, p. 398.

⁴³ Cf. Carta de Galileo a Kepler, del 4 de agosto, en *Opere*, x, pp. 67- 68.

⁴⁴ Finalmente, Kepler recibiría un ejemplar de un telescopio galileano, aunque no por vía directa. Se lo hizo llegar el Elector de Colonia. Tras someterlo a prueba, Kepler no vaciló en confirmar la veracidad de los descubrimientos en la *Narratio de observatis*, fechada el 11 de septiembre de 1611 [cf. *Opere*, iii, parte prima, pp. 182- 190].

⁴⁵ Cf. *Opere*, iii, parte prima, pp. 110- 111.



El motivo estaba claro, y era el de minimizar los efectos de las aberraciones. Con este noble propósito, unido al de conferir mayor luminosidad a la imagen, Kepler acabó diseñando sobre el papel, puesto que no era tan hábil como Galileo, un prototipo de telescopio cuyo objetivo tuviese muy poca curvatura, de modo que los rayos tenían que recorrer una distancia mayor antes de converger en el foco; esto conllevaba la necesidad de alargar el tubo.

El interés de Kepler en la óptica aplicada a los nuevos instrumentos le llevó a estudiar posteriormente y de un modo detallado los procesos de refracción. La *Dioptrice* de 1611 confirmó las conjeturas expuestas en la *Dissertatio*. Esta *Dióptrica* se concibe como una demostración de lo que llega a la visión mediante el anteojo; a través de ciento cuarenta y una proposiciones, junto con sus correspondientes axiomas y definiciones tanto físicos como fisiológicos, Kepler da una detallada explicación de la formación de las imágenes a través de todas las formas de las lentes conocidas hasta entonces, al tiempo que da cuenta del porqué de la aberración geométrica que aquejaba al prototipo galileano. Ya en el «Prefacio», Kepler incluye parte de la correspondencia en la que Galileo hablaba de sus principales descubrimientos astronómicos realizados hasta la fecha: los satélites de Júpiter, las fases de Venus y la estructura de Saturno, curiosamente todo aquello que mayor compromiso solidario mostraba con la causa copernicana. Estamos ante un tratado de geometría aplicada a la cuestión específica de las lentes, en un intento de dar un fundamento matemático y, por ende, científico, al empleo del telescopio.

Pero esta obra en absoluto se concibe al margen de la *Óptica* de 1604. Y aquí me permito retomar la Proposición LX de la *Dioptrice* que, a mi juicio, establece una conexión con la obra de 1604. Esta Proposición comienza diciendo que «*el humor cristalino del ojo es una lente convexa en forma de hipérbola*». Si el ojo fuese perfectamente esférico, por la Proposición XXIV, cap. 3, de los *Añadidos*, sería imposible que los rayos «procedentes del objeto» convergiesen en un mismo punto. Por lo tanto, en este nudo se fusionan algo más que dos campos semánticos; nada más y nada menos que la fisiología y la óptica geométrica. En consecuencia, Kepler acabaría diseñando un prototipo de telescopio sobre la base de su conocimiento del funcionamiento del ojo humano, valiéndose además de las ventajas que permite el empleo de lentes para potenciar la capacidad perceptiva del ojo humano.

Como resultado de su trabajo, una nueva generación de telescopios entró en escena. Estos nuevos telescopios compartían con los galileanos, por un lado, el hecho de que eran resultado de la combinación de dos lentes; por otro lado, el objetivo seguía siendo convexo. Pero la diferencia crucial radicaba en el ocular, que era igualmente convexo. A raíz de la inversión experimentada en la imagen, del mismo modo que la representación del mundo que se sitúa fija sobre la pared blanca de la retina, este telescopio estaría destinado en principio a la observación astronómica, puesto que la alteración de la posición de las figuras tiene bastante menos relevancia. Hacerlo idóneo para la observación terrestre implica añadir nuevas lentes que reinvertirían la imagen, lo cual confiere una estructura aún más compleja al telescopio.

Pero hay otra cosa aún más interesante: en la imagen intermedia que se forma se acabó situando un entramado de hilos de metal útil para calcular la posición de



los cuerpos celestes en la segunda mitad del siglo XVII. Éste fue el primer eslabón de la cadena evolutiva marcada por la transición de instrumento óptico a instrumento matemático capaz de aumentar la precisión de las observaciones celestes. Se habrían hermanado, de este modo, el conocimiento de las propiedades de las lentes y lo más granado de los métodos empleados por los astrónomos de la posición.

CONCLUSIÓN

En el caso de Galileo, si la conversión al copernicanismo está directamente vinculada a cuestiones más relacionadas con la óptica que con las matemáticas o la filosofía⁴⁶, entonces una destacada pericia experimental subyace no sólo a la transición operada en el instrumento, sino también a su creencia en la doctrina de Copérnico. Si bien la hipótesis copernicana se vio «confirmada» gracias al esfuerzo derivado del tratamiento y pulido de las lentes, fue precisamente la carencia de una teoría óptica firmemente establecida el principal obstáculo que ni Galileo ni la mayoría de sus contemporáneos pudieron sortear, salvo Kepler. El discípulo de Tycho Brahe sí tenía esa teoría, y la aplicó posteriormente a la cuestión del telescopio. Se hallaba en la base del prototipo kepleriano el conocimiento que su diseñador tenía de la fisiología del ojo y del comportamiento de los rayos geométricos al atravesar medios de diferentes densidades.

⁴⁶ Cf. W. SHEA (2001): «Galileo the copernican», en J.L. MONTESINOS y C. SOLÍS (eds.): *Largo campo di Filosofare: EuroSymposium Galileo 2001*. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, pp. 41-59: 43.

