

Cuadernos de estudio

1º parte “Historia de la ciencia”

ENSAYO

Catedra: Epistemología y Metodología de la investigación Científica

Prof. Lic Mario García Cardoni

El objetivo de este trabajo es analizar el origen histórico de los acontecimientos que dieron origen a la ciencia moderna, la flecha del tiempo nos remontará a las distintas cosmovisiones y concepciones del mundo. Los grandes fundadores de la ciencia moderna hicieron incipiente en la universalidad y el carácter eterno de las leyes de la naturaleza. Formularon esquemas generales que coincidirían con la definición de racionalidad más absoluta, buscaron esquemas globales, marcos unificadores universales en lo que todo lo existente se interrelacionara sistemáticamente, lo espontáneo, los episodios inesperados no debían filtrarse. Hoy día estamos muy lejos de ello a decir de Ilya Prigogine “Nuestro interés se orienta cada vez más hacia sistemas complejos, hacia su dinámica y su evolución temporal... los antiguos encontraron que si el pasado era igual al futuro no existiría la evolución y esto constituye uno de los principios de la mecánica cuántica, hoy día el concepto de irreversibilidad y el papel del tiempo se perfilan con mayor claridad”. El tiempo y su estudio, sea tal vez, la clave de gran desarrollo que ha demostrado la ciencia.

La “revolución científica” tiene una dimensión cronológica muy amplia (desde mediados del XVI hasta finales del XVII) y se basa en: el desarrollo de las poblaciones urbanas, la extensión del comercio y de la industria, la existencia de medios más eficaces de transporte, la ampliación de los mercados, el aumento constante de la producción de mercancías en función de la ampliación de los mercados, la sustitución de los servicios forzosos por el pago al contado, la rápida difusión de la imprenta por toda Europa y el establecimiento de relaciones intensas y permanentes entre intelectuales y científicos del sur, norte y del centro de Europa [Problema interesante: simultaneidad de la lengua franca (el latín) y de la implantación de las lenguas nacionales].

Desde el punto de vista económico puede hablarse de la configuración de una economía-mundo (Wallerstein); desde el punto de vista de la historia de las ideas esa época empieza presentándose, en Italia, como un “Renacimiento” y se concibe luego como una “gran Restauración” (Bacon, *Instauratio magna*, 1620).

La mutación socioeconómica, que está en la base de la “revolución científica”, afectó primero a unas pocas ciudades de Italia, Holanda, Alemania del norte y España, luego también a Francia, y Gran Bretaña; y finalmente a Dinamarca y Polonia. Se puede decir que en esta época hubo una interpelación entre la resolución de problemas prácticos que da lugar a las invenciones técnicas, las transformaciones técnicas que alientan el espíritu científico y los descubrimientos científicos que producen nuevos cambios técnicos.

Francis Bacon ha considerado como arquetipos del mundo moderno tres inventos: **la pólvora, la brújula y la imprenta**, que habían surgido en China en el siguiente orden: en el siglo IX, la pólvora, en el X, la brújula y en el XI, la Imprenta.

El espíritu científico-técnico que caracteriza esta época, se puede sintetizar en tres palabras: **método, experimento y cálculo**. Galileo Galilei (científico Italiano) dirá: “La naturaleza está escrita en lenguaje matemático”.

Es así que es habitual dividir la época de las revoluciones científicas en tres fases o momentos.

- **La primera fase**, preliminar o preparatoria, de la revolución científica corresponde cronológicamente a la época del Renacimiento. Es la época de Leonardo da Vinci (Manuscritos de 1491 y 1493), de Nicolás Copérnico (De revolutionibus Orbium celestium, 1543), de Vesalio (primera descripción anatómica completa del cuerpo humano: De Humani Corporis Fabrica, 1543), de Vannuccio Biringuccio (Pirotechnia: industria metalúrgica, vidriera y química, 1550), de Georg Bauer, llamado Agricola (De re metallica, descripción de minerales y metales), de Jean Fernel (sobre fisiología y patología, 1497-1558), del médico-filósofo Paracelso (1493-1541) y los iatroquímicos, en Basilea.

- **La segunda fase** (1550-1650) se desarrolla durante la Contrarreforma y las guerras de religión, en Francia (1560-1598), Países Bajos (1572-1609) y Alemania (1618-1648), el establecimiento de los Estados Generales en Holanda (1576) y la creación de la Commonwealth (1649). Es la época de Giordano Bruno (1548-1600), de Tycho Brahe (1546-1601), de J. Kepler (1571-1630), de Galileo Galilei, de Gilbert (1600, magnetismo, imantación de la tierra), de Harvey (1628, circulación de la sangre). Es también la época en que se plantea la cuestión del método científico moderno: Novum Organum, 1620; Discurso del método, 1637.

Fue aquélla una época sin igual en el plano de la astronomía y de la cosmología. A finales del siglo XVI Giordano Bruno propone una justificación muy especulativa del sistema copernicano que tuvo la virtud de llamar la atención de sus contemporáneos. La teoría copernicana se convirtió en tema de conversación y debate. Pero Bruno murió en la hoguera en 1600. A Tycho Brahe se debe el proyecto de creación del primer instituto científico que ha existido en el mundo: Uranienburgo, en la isla de Hveen, Dinamarca. Propuso también un sistema copernicano con respecto a la Tierra inmóvil. Johannes Kepler, que fue inicialmente ayudante de Brahe se estableció en Praga en la corte de Rodrigo II. A él se debe la idea de las órbitas elípticas. Una fecha de este período conviene recordar: la década de 1620. En esos años se sustituyó la física de las cualidades por la Física cuantitativa; el Cosmos jerarquizado por un universo “indefinido” y el mundo sentido de la percepción inmediata por el mundo pensado del matemático .

- **La tercera fase** corresponde ya a la época de la Restauración (1650-1690). Es la época de Boyle, de Hooke, de Huygens. Algunos historiadores de la ciencia amplían la extensión de esta fase hasta mediados del siglo XVIII.

Se ha discutido mucho entre historiadores sobre la continuidad o discontinuidad entre Renacimiento y “revolución científica”. Lo que podríamos llamar de Leonardo a galileo. Herbert Butterfield, al comparar la revolución científica del XVII con fenómenos socioculturales de tanta importancia como el Renacimiento o la Reforma ha podido decir, polémicamente, que, por comparación con la “revolución científica” estos otros han sido sólo “meros episodios”, “simples desplazamientos internos dentro del sistema medieval cristiano”. Es cierto que, como fenómeno histórico, la revolución científica de esta época

tiene un carácter que puede considerarse único: se trata de una revolución que se produjo con laceraciones en el marco de la cultura europea pero sin rompimiento, en la continuidad, y sin influencias culturales externas de nota. En general lo que llamamos “revolución” no se vivió como tal, sino como un fenómeno ambivalente de discontinuidad y continuidad: de ruptura con el pasado y de retorno a las ideas de una cultura más antigua, de mayor envergadura y más filosófica: el humanista que no rechaza toda autoridad anterior sino que elige ventajosamente entre autoridades (los trabajos matemáticos de Apolonio y de Arquímedes citados por Kepler) para romper el monopolio de Aristóteles y de la doctrina aristotélica.

Si se compara la época de florecimiento de Leonardo da Vinci (la transición del XV al XVI) con la época de florecimiento de Galileo Galilei (el primer tercio del siglo XVII) es posible resaltar algunos cambios significativos:

1. Se ha pasado de la omnisciencia del “hombre del Renacimiento” a la progresiva separación de los saberes (separación, por ejemplo, de la astronomía y la mecánica respecto de la teología y de la filosofía).

. Se ha pasado de un punto de vista holístico, globalizador, totalizador, organicista, a un punto de vista analítico. Por ejemplo, en la discusión sobre el movimiento de la Tierra alrededor del Sol: Se decía que el mundo es finito, esférico y tiene su centro hay que concentrarse en los argumentos acerca de cuál es ese centro.

- 3.. De la matemática como correspondencia con la armonía de las esferas (movimientos concordantes, música inaudible) a la matemática como instrumento formal para la explicación de un universo (tal vez) infinito (Bruno, como afirmación deducida del heliocentrismo copernicano; Galileo como hipótesis todavía por probar) en el que el lugar de los humanos ha perdido su papel central.

4. De la concepción cualitativa del movimiento (movimiento como génesis, generación) a la concepción cuantitativa del movimiento (movimiento local): crítica del organicismo finalista (teleológico) aristotélico y afirmación de la mecánica.

5. De la idea de movimiento absoluto a la idea de la relatividad del movimiento local.

6. De la tendencia a la humanización de todo lo existente a la “desmoralización” (desantropomorfización) de la ciencia.

7. En la organización institucional de los conocimientos, de la “bottega” (taller) al Instituto, al Laboratorio, a la Academia.

Para contextualizar el pensamiento de Galileo es de justicia hacer una referencia a Nicolás Copérnico un nombre que aparecerá constantemente en sus principales obras y que simboliza (al menos desde Kant) el más importante giro en la historia del pensamiento humano. Copérnico fue el primero que propuso la sustitución del cosmos cerrado y jerárquico de la Antigüedad y de la Edad Media por el universo homogéneo e infinito de los modernos. De origen polaco, había nacido en la Pomerania (Prusia polaca) hijo de un burgués de Cracovia. Copernico estudió en Bolonia, Padua y Ferrara.

El punto de partida de su nueva teoría de los movimientos planetarios fue el desacuerdo reinante entre los matemáticos y astrónomos para representar con exactitud los movimientos aparentes (“salvar las apariencias”, “dar cuenta de las apariencias”, dirían luego Andreas Osiander, supervisor de la obra de Copérnico, y el propio Galileo) y permanecer fieles al principio del movimiento circular uniforme de los cuerpos celestes. A partir de la constatación de esta insatisfacción Copérnico se volvió hacia aquellos autores que, como el griego Aristarco (en el siglo III a. de C.), habían defendido la idea heliocéntrica (una idea que siempre había sido minoritaria). Halló entonces que esta idea

permitía una buena explicación de los fenómenos celestes. A partir de ahí postuló en 1543, en *De revolutionibus orbium coelestium*, un sistema de esferas que giraban alrededor del sol, en vez de alrededor de la Tierra, introduciendo la hipótesis de la rotación de nuestro planeta y demostrando detalladamente cómo éste sistema podía explicar todas las observaciones astronómicas.

Al parecer, Copérnico mantuvo en secreto su obra durante años (él dice que lo que recomendaba el poeta Horacio, 9 años, multiplicado por 4). Parece, por otra parte, que sus observaciones astronómicas fueron escasas y poco precisas; en la práctica su sistema entero no resultó mejor que el de Ptolomeo. Las razones que tuvo para establecer su sistema fueron más bien filosófico - místicas y estéticas, más que científicas:

Pienso que es mucho más fácil creer esto que confundir el asunto suponiendo un enorme número de esferas, como tienen que hacer quienes consideran a la Tierra en el centro. Nosotros seguimos más bien a la naturaleza que no produce nada que sea vano o superfluo y frecuentemente dota a una causa con múltiples efectos.

En medio de todo se encuentra entronizado el Sol. Dentro de este bellissimo templo, ¿acaso podríamos colocar a esta luminaria en alguna posición mejor para que iluminara a la vez todo el conjunto? Con toda justicia se le han dado /al Sol/ los nombres de la Litrerna, la Mente y el Gobernante del universo. Hermes Trimegisto lo llamó el Dios visible y Electra, la de Sófocles, lo nombraba como el Omnividente, en la mitología antigua. Además si el Sol se encuentra asentado en un trono real, gobernando a sus hijos los planetas que circulan a su alrededor. La Tierra tiene a su servicio a la luna. Como dice Aristóteles, en su *De animalibus*, la Luna tiene la relación más estrecha con la Tierra.

En principio, cuando apareció la primera comunicación de la idea de Copérnico, hacia 1533, en la época del papa Clemente VII, Roma no objetó nada, ni contra la teoría ni contra el autor. Pero cuando se publicó el *De revolutionibus*, en 1543, la cosa se complicó por un prólogo (no firmado) de Andreas Osiander, en el que, precisamente para evitar conflictos con la Iglesia, se mantenía una concepción fenomenista de la ciencia: el único fin de la Astronomía dirá “es salvare apparentias, no encontrar las causas ocultas ni los movimientos reales de los cuerpos celestes, sino sólo relacionar y ordenar las observaciones por medio de hipótesis que permitan calcular, prever y predecir las posiciones visibles y aparentes de los planetas”. Las hipótesis, según esto, no tienen por qué ser verdaderas ni verosímiles sino simplemente sencillas y adecuadas al cálculo. El cardenal Roberto Bellarmino atribuyó el prólogo al propio Copérnico (quien, sin embargo, tenía una concepción realista de la ciencia).

La difusión de la obra de Copérnico en las décadas siguientes del siglo XVI en Alemania, Países Bajos, Italia e Inglaterra, fue lenta, pero no encontró grandes obstáculos ni produjo grandes conmociones hasta finales de siglo, a pesar de que contradecía implícitamente la visión de la Biblia y de Aristóteles. La Iglesia católica parece haber advertido ese peligro, ya en la última década del siglo XVI, a partir de las intuiciones de Giordano Bruno sobre la idea de infinitud del universo (“Un Universo infinito, inmenso y no enumerables poblado por infinitud de mundos semejantes al nuestro”, 1584, 1591); los protestantes vieron antes el peligro: Lutero y Melancton condenaron la nueva doctrina mucho antes que la Iglesia católica y también fueron científicos protestantes los primeros en oponer objeciones a la teoría de Copérnico. En esos años el argumento que más contó fue este” la teoría contradecía el sentido común y hacía todo más difícil..

La propuesta de Copérnico se concretó en 1551 con unas tablas astronómicas que mejoraban los cálculos anteriores. Pero sólo unos pocos astrónomos apreciaron el nuevo

sistema como método para mejorar sus cálculos. Las objeciones principales que se hicieron a la propuesta de Copérnico se pueden seguir bien, leyendo el Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo de Galileo Galilei (1632).

Las objeciones contra el sistema copernicano se dividían básicamente en dos: ideológicas y científicas. Las objeciones ideológicas se basaban en la autoridad de Aristóteles y en ciertos pasos de las Sagradas Escrituras inequívocamente contrarias. Las objeciones científicas aducían: 1º que el sistema copernicano repugnaba al sentido común, iba contra la evidencia que proporcionan los sentidos del hombre; 2ª que este sistema no explicaba cómo la Tierra, al girar alrededor del Sol, no producía fuertes corrientes de viento; 3º que el sistema copernicano tampoco explicaba por qué la Tierra, al moverse, no desviaba a los cuerpos en su caída.

El Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo.

Nacido en 1564, Galileo Galilei puede ser considerado como un científico - filósofo entre dos siglos. Estuvo científicamente activo desde la última década del siglo XVI hasta su muerte, en 1642. A finales del siglo XVI, cuando tenía alrededor de treinta años trabajaba ya en cuestiones de mecánica y de dinámica o en la resolución de problemas técnicos (en 1593 inventó una máquina para elevar el agua), pero se interesaba igualmente por la teoría astronómica de Copérnico, se ocupaba de la cuestión de las mareas y se carteaba con Kepler. Sus principales descubrimientos los hizo, sin embargo, en el primer tercio del siglo XVII y en él publicó también las obras por las que ha pasado a la historia de la ciencia moderna: 1610, El Sidereus Nuncius (Mensajero sidéreo); 1613: Cartas sobre las manchas solares; 1616: Discorso del flusso e refluxo del mare; 1622: Il Saggiatore; 1630-1632: Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo; 1633-1638 Galileo Galilei trabajó en la redacción del Diálogo desde 1625. Volvió a él, tras un período de enfermedad, en 1629 y lo acabó en 1630. Ese mismo año la obra se leyó en Pisa y Galileo viajó a Roma para solicitar el permiso de impresión. Esta se concluyó en Florencia en 1632. pero inmediatamente después se prohibió su venta y Galileo recibió la orden de comparecer ante la Inquisición en Roma, donde fue interrogado en 1633 y se le amenazó con la tortura. El 22 de junio de 1633, en el gran salón de Santa María, Galileo adjuró de su postura para salvar la vida. A partir de entonces se le concedió abandonar Roma e instalarse en Siena.

El prólogo trata de evitar en todo momento el enfrentamiento con la autoridad eclesiástica por el procedimiento de declarar: 1º que “todas las experiencias realizadas en la Tierra son medios insuficientes para concluir su movilidad y pueden adaptarse indiferentemente tanto a la tierra móvil como en reposo”, 2º que si se refuerza la hipótesis copernicana es sólo “como si hubiera de quedar ésta absolutamente victoriosa por razones de simplificación de la astronomía, no como necesidad de la naturaleza”, 3) que su discurso es como “una fantasía ingeniosa” en la que, por ejemplo, se resuelve el problema de las mareas como si la Tierra se moviese. En ese punto Galileo se permite la siguiente broma: Espero que con estas consideraciones el mundo sabrá que si otras naciones han navegado más, nosotros no hemos reflexionado menos, y que afirmar el reposo de la Tierra y adoptar lo contrario sólo como capricho matemático no nace de no tener en cuenta cuanto otros han pensado sobre ello, sino de esas razones que la piedad, la religión, el conocimiento de la divina omnipotencia y la conciencia de la debilidad del ingenio humano nos imponen

El Diálogo mantiene siempre el mismo talante. Así, por ejemplo, cuando Salviati

argumenta en favor del movimiento diurno de la tierra su conclusión contraria a la tesis tradicional la expone diciendo que “estas cosas no os las presento como leyes intocables, sino como motivos que tienen alguna verosimilitud”, a lo que añade una consideración repetidas muchas veces, ya en este siglo, por Karl Popper (Filósofo Alemán actual), que “entiende perfectamente que una sola experiencia o concluyente demostración que se tuviera en contra bastaría para derribar estos y otros cien mil argumentos probables” De lo que se trata, en opinión de Galileo, es de dar cuenta de las apariencias. Ya en conclusiones, después de haber puesto en evidencia las opiniones tradicionales en la persona de Simplicio y de haber defendido con múltiples argumentos la tesis heliocéntrica y el movimiento de la Tierra, Galileo repite todavía que “no pretende ni ha pretendido de otros el asentimiento que yo mismo no concedo a esta fantasía, que muy fácilmente podéis aceptar como una ficción, como una quimera y una paradoja” Seguramente todo eso tiene que entenderse como una forma de “captación de la benevolencia” (del lector y de la autoridad).

GalileoGalilei justifica la adopción de la forma diálogo “por no estar restringido a la rigurosa observancia de las leyes matemáticas”. [En este sentido, y para preguntarse qué es realmente pensamiento científico, puede ser interesante la comparación formal entre el Dialogo y los Discorsi e dimostrazione matematiche intorno a due nuove scienze]. A continuación Galileo presenta a sus personajes: Giovanni Francesco Sagredo, de muy ilustre familia veneciana y de agudísimo ingenio; Filippo Salviati, el verdadero protagonista del diálogo, portavoz de las ideas del autor, presentado como sublime ingenio que se complacía con las más exquisitas especulaciones; y un filósofo peripatético, “a quien nada impedía tanto el conocimiento de la verdad como la fama que había alcanzado por sus comentarios a Aristóteles”, al que da el sintomático nombre de Simplicio.

El diálogo se desarrolla en la más pura tradición platónica (en el texto se advierte eso, de pasada, en un par de ocasiones), haciendo valer el instrumento socrático de la mayéutica, utilizando en los pasos decisivos el truco formal según el cual el científico renovador hace recordar al simple ignorante, de tal manera que el paso del sentido común (equivocado, erróneo) al pensamiento verdadero (aunque presentado en este caso en forma de conjetura, hipótesis o fantasía) aparece como un desvelamiento que al mismo tiempo es una reminiscencia, un recuerdo provocado de lo que en realidad sabido-pero-olvidado por la fuerza histórica de la opinión vulgar o cotidiana o por la fuerza del dogma aristotélico.

Es importante tener en cuenta, sin embargo, que aunque el Diálogo es una refutación en toda regla de la cosmología y de la dinámica Aristotélica Galileo expresa varias veces en él su admiración por el saber de Aristóteles y su habilidad como lógico y filósofo. Es más: afirma taxativamente que el propio Aristóteles habría llegado a conclusiones semejantes a las expuestas en su hipótesis o conjetura si hubiera dispuesto de los datos de que se dispone en 1630. De manera que lo que impide a los aristotélicos contemporáneos aceptar la tesis heliocéntrica y la nueva teoría del movimiento local es más bien la conversión en dogma de la doctrina aristotélica, la cristalización en sistema de un punto de vista que su origen pudo estar equivocado (por falta de datos y de conocimiento) pero que no era dogmático.

Del movimiento cualitativo al movimiento cuantitativo

La Jornada primera empieza con una crítica del concepto aristotélico de movimiento. De ahí se pasa a la crítica de la distinción de naturaleza entre cielo y tierra,

donde niega Galileo que el movimiento circular corresponda sólo a los cuerpos celestes y afirma que conviene a todos los cuerpos naturales móviles. En su opinión, Aristóteles ha deducido mal y con error del movimiento circular lo que ha asignado a los cuerpos celestes, pero, por otra parte, también en este paso Galileo afirma la superioridad de Aristóteles sobre los aristotélicos al distinguir entre método de exposición (en el que parece que las cosas se presenten como a priori) y método de investigación (que tampoco pudo ser, en el caso de Aristoteles muy distinto del de Galileo, pues, como dice éste, el mismo Aristoteles

” antepone las experiencias sensibles a todos los razonamientos”

Esto conduce finalmente, en el Diálogo, a la generalización de la crítica del organicismo finalista aristotélico.

El problema del método, distanciamiento galileano del punto de vista aristotélico: 1º] Al criticar la distinción aristotélica (y tradicional), de naturaleza, entre cielo y tierra, que ha conducido a postular un movimiento circular para los cuerpos (impenetrables, incorruptibles, etc.) en los cielos y un movimiento rectilíneo para los cuerpos que se mueven en el planeta Tierra, Galileo afirma que una cosa es hablar o escribir de lógica y otra actuar o comportarse lógicamente. Ese paso (que suena de forma muy parecida a otros escritos contemporáneamente por Descartes) termina con un alejamiento radical de la lógica silogística característica de la escolástica, frente a la cual Galileo defiende el papel de las matemáticas a la hora de aprender a probar, a demostrar:

“La lógica es el órgano con el cual se filosofa; pero de la misma manera que puede darse que un artífice sea excelente en la fabricación de órganos, pero indocto en hacerlos sonar, así se puede ser un gran lógico, pero poco experto en servirse de la lógica. Tenemos a muchos que se saben de memoria toda la poética y después no aciertan ni siquiera a componer cuatro versos; y otros dominan todos los preceptos de Da Vinci y no sabrían pintar ni un taburete. No se aprende a tocar el órgano con los que saben hacer órganos, sino con los que lo saben tocar. La poesía se aprende con la lectura continua de los poetas; a pintar se aprende dibujando y pintando continuamente; a demostrar, con la lectura de libros llenos de demostraciones, que son los matemáticos y no los lógicos” .

El nuevo método nace, pues, postulando la matematización del discurso. Esto es cosa sabida. No lo es tanto, en cambio, o no se suele tener suficientemente en cuenta, contra qué se postula la matematización del pensamiento sobre la naturaleza. El objeto de la crítica de Galileo en el Diálogo no es principalmente la verbalización, la retórica, el discurso sólo humanístico, y menos aún el uso de metáforas, la metaforización, la aproximación metafórica a los temas científicos, cuanto la lógica como mero juego formal, la silogística de los peripatéticos tardíos porque esteriliza el pensamiento, por el dogmatismo que conlleva. Tratándose de un filósofo realista como era Galileo, este punto de vista expresado en el Diálogo se compadece bien con la afirmación hecha en *Il Saggiatore*, a saber: que la naturaleza está escrita en lenguaje matemático. Si la naturaleza está escrita en lenguaje matemático es natural que el lenguaje usado por el filósofo realista sea también el matemático. O más precisamente todavía: el del geómetra (al hablar de aquellos libros en los que se puede aprender a demostrar, de los libros llenos de demostraciones, Galileo aludía inequívocamente a los libros de los geómetras contra los libros de los “lógicos”, contra la silogística escolástica).

2º/ Confirma esta interpretación de la cosa el segundo paso aludido. En él Galileo argumenta su alejamiento del proceder aristotélico en base a una combinación de motivos que, con lenguaje de ahora, podríamos llamar “retóricos” y “cosmovisionarios”:

“No os preocupéis --le dice Salviati a Simplicio después de haber puesto de manifiesto un paralogismo del discurso aristotélico-- ni del cielo ni de la Tierra, ni temáis por su subversión, ni tampoco por la de la filosofía. En cuanto al cielo, vano es que vos temáis acerca de lo que vos mismo reputáis inalterable e impasible; en cuanto a la Tierra, nosotros tratamos de ennoblecerla y perfeccionarla, por cuanto que procuramos hacerla semejante a los cuerpos celestes, y en cierto modo ponerla casi en el cielo, de donde vuestros filósofos la han arrojado. La misma filosofía no puede sino salir beneficiada de nuestras disputas, porque si nuestros pensamientos son verdaderos, se habrán conseguido nuevas realizaciones; si falsos, al rebatirlos, las doctrinas anteriores recibirán más confirmación. Preocuparos más bien de algunos filósofos y ved de ayudarlos y de sostenerlos, que en cuanto a la misma ciencia, ésta no puede sino avanzar”

Galileo quiere dar cuenta de las apariencias, salvar las apariencias. En ese plano hay que probar o demostrar. Para ello argumenta matemáticamente (geoméricamente). Pero Galileo quiere también persuadir, convencer a los otros, hacer plausible su punto de vista incluso a aquellos que tienen otra visión del mundo. Para lo cual no duda en elaborar argumentos retóricos, metacientíficos o “cosmovisionarios” que tienen que ver con la discusión científica propiamente dicha pero que la rebasan, como éste de “ennoblecer la Tierra”, cuyo objeto es, precisamente, contrarrestar el prejuicio antropomórfico todavía dominante en la época. La tesis heliocéntrica era filosóficamente interpretada de ordinario por los filósofos tradicionales, a finales del XVII y durante el primer tercio del siglo XVII, como el final de la centralidad existencial del hombre, creado a imagen y semejanza de Dios. También los historiadores de la ciencia han visto en la revolución copernicana y en el proceder galileano la afirmación del naturalismo y si no el final, sí, al menos, una importante corrección del antropocentrismo. Las acusaciones inquisitoriales presentadas contra Giordano Bruno (que fue el primero en declarar abiertamente la infinitud de un universo heliocéntrico, esto es, la idea de “un universo infinito, inmenso y no enumerable, poblado por infinitud de mundos semejantes al nuestro”) se explican en parte como una reacción de los representantes de la cosmovisión tradicional contra este desplazamiento del hombre terrícola del centro del universo.

Pues bien, Galileo presenta aquí las cosas como si la consecuencia filosófica del heliocentrismo tuviera que ser precisamente la contraria: un “ennoblecimiento” de la Tierra y una elevación de los terrícolas, por así decirlo, “a los cielos,” contra el punto de vista de la filosofía tradicional, aristotélica, que es interpretada ahora, con ironía y, en cierto modo, con verdad, como una propuesta de “arrojamiento” de la tierra fuera del sistema de los cuerpos celestes.

Es evidente que todo eso son juegos, más o menos analógicos y metafóricos, del lenguaje. Pero juegos que tienen una gran importancia en el surgimiento de la moderna ciencia de la naturaleza como pieza de cultura; juegos verbales que, en la obra de Galileo, acompañan a las demostraciones matemáticas y se superponen a ellas.

Vale la pena tener esto en cuenta porque cuando se afirma --con verdad-- que uno de los rasgos característicos de la ciencia moderna en su origen fue el progresivo abandono de la forma de explicación verbal y su sustitución por la matemática, esta verdad sólo lo es plenamente si se predica del tuétano mismo del discurso científico de los siglos XVI y XVII, el cual tuétano vivió siempre (en Copérnico, en Kepler, en el propio Galileo, como se ve) recubierto de huesos, tejidos y músculos sin los que es dudoso que hubiera logrado componerse una figura astronómica o cosmológica aceptable por quienes tenían que aceptarla, al fin y al cabo hombres (matemáticos y astrónomos

también) con prejuicios y recursos retóricos no muy distintos de los de Galileo y los copernicanos en general.

El tratamiento retórico y metafórico reaparece de nuevo en la crítica metodológica del principio de autoridad y la afirmación de la razón, de la libertad de pensamiento. Así, en la Jornada segunda Galileo argumenta a favor del movimiento diurno de la tierra. Arranca con una conocida crítica del principio de autoridad: Pero si se abandona a Aristóteles --dice Simplicio--¿quién servirá de escolta en la filosofía? Nombrad a algún autor.- A lo que Salviati contesta: Hay necesidad de escolta en los países desconocidos y salvajes, pero en los lugares abiertos y llanos sólo los ciegos necesitan guías; y quien es tal, mejor que se quede en casa. Pero quien tenga ojos en la frente y en la mente, de éstos se ha de servir como escolta /.../ Nuestros razonamientos han de versar sobre un mundo sensible y no sobre un mundo de papel. Lo cual no por estar bien visto y bien dicho dejará de contradecirse: 1º con la manifiesta preferencia de Galileo por los geómetras y matemáticos (y si se profundiza, habría que decir: no por cualesquiera de ellos) frente a los lógicos escolásticos, lo que implica siempre elegir otra tradición por la que guiarse (incluso en lugares abiertos y llanos); y 2º con la evidencia de que la temática tratada no era precisamente “lugar abierto y llano”, sino más bien “lugar desconocido”, terreno por desbrozar, como lo prueba el generalizado acuerdo en que, con el Diálogo y los Discorsi, estaba naciendo una ciencia nueva, venía a la luz un nuevo mundo teórico, al que no le cuadran nada, por cierto, estos adjetivos aplicados por Galileo a los lugares que está investigando: “abiertos” y “llanos”.

Es curioso, por otra parte, que en este texto inaugural de la moderna ciencia de la naturaleza y en el mismo contexto en el que se rompe inequívocamente con Aristóteles y con el principio de autoridad para lanzar el ilustrado “atreverse” a pensar con la propia cabeza, atreverse a usar las razones (no las opiniones heredadas), aparezca una distinción que hará acto de presencia también en el surgimiento de la moderna ciencia social:

Método de investigación, método de exposición. Salviati mantiene que si Aristóteles hubiera vivido en el siglo XVII, al conocer los datos y observaciones astronómicas, habría cambiado de opinión. Y lo argumenta considerando que el modo de filosofar del estagirita consistía en tener en cuenta tanto los sentidos como la razón natural. Es más: la errónea conclusión de Aristóteles acerca de los cielos inalterables se habría debido a una deducción basada primordialmente en (falsas, equivocadas) experiencias sensibles, de manera que, con otros datos, esta deducción aristotélica no habría sido hecha. Pero el aristotélico dogmático del siglo XVII (Simplicio) disiente de esta interpretación y quiere que quede claro que el método de Aristóteles no fue (el tendencialmente empirista y observacional) que le atribuye su contradictor:

“Aristóteles estableció el fundamento principal de su razonamiento a priori, mostrando la necesidad de la inalterabilidad del cielo a partir de sus principios naturales, manifiestos y claros; lo mismo estableció después a posteriori, por el sentido y por las tradicional de los antiguos”.

Es aquí donde Salviati=Galileo introduce una distinción tan básica como esencial en estas cosas (recogida también en el Tratado de Lógica de Port Royal, 1662): la distinción entre método de investigación o descubrimiento y método de exposición. Dice, en efecto, Salviati:

“Este que vos decís es el método con el que escribió su doctrina, pero no creo que coincida con el método con que la investigó, porque tengo por seguro que procuraría primero, a través de los sentidos, las experiencias y las observaciones, de asegurarse cuanto fuera posible de la conclusión, y que después buscó los medios de poderla

demostrar, porque así se procede la mayor parte de las veces en las ciencias demostrativas; esto es así porque, si la conclusión es cierta, sirviéndose del método resolutivo, fácilmente se encuentra alguna proposición ya demostrada, o se llega a algún principio conocido por sí mismo; pero si la conclusión es falsa, se puede proceder hasta el infinito sin encontrar nunca ninguna verdad conocida, si es que no se encuentra algún imposible o absurdo manifiesto [...] Pero cualquier que fuese el proceso seguido por Aristóteles [...] baste decir que el mismo antepone las experiencias sensibles a todos los razonamientos a priori”

Observación y teoría (razonamiento)

Al preguntarse por “el verdadero método para investigar si se puede atribuir a la tierra algún movimiento” Galileo Galilei responde: observar si en los cuerpos separados de ella se advierte alguna apariencia de movimiento que afecte por igual a todos. Pero en seguida se ve que no basta cualquier observación. Salviati argumenta que si consideramos sólo la inmensa mole de la esfera estrellada en comparación con la pequeñez del globo terrestre, y pensamos después en la velocidad del movimiento con que en un día y una noche debe efectuarse un giro completo, parece razonable y creíble que la esfera celeste sea la que da vueltas y el globo terrestre el que permanece firme.

No basta, pues, cualquier observación porque los sentidos nos engañan. Y nos engañan no sólo porque individual o personalmente no prestemos la suficiente atención en la observación correspondiente, sino también porque hay impresiones o sensaciones muy compartidas entre las gentes por muy repetidas. Cuando viajamos en un avión y miramos por la ventanilla hacia la tierra o hacia el mar que se ve abajo, al fondo, todos los humanos tenemos la impresión de que el avión se desplaza muy lentamente; si no hay ningún otro móvil visible en las proximidades podríamos concluir incluso, a partir de esta sensación compartida, que la velocidad del avión es menor que la de un automóvil que se desplaza a 150 Km./h por una autopista. Pero esta conclusión cambia en el momento en que nuestro avión se cruza en el espacio con otro que se desplaza en dirección contraria a una velocidad semejante a la del nuestro. Sólo entonces tomamos realmente conciencia de algo que sabemos porque hemos sido informados de ello, a saber: que la velocidad media de un avión comercial suele ser de 850-900 Km./hora.

Es esta otra observación (desde otro ángulo, con otro término de comparación o con algún instrumento que altera la percepción corriente, habitual) lo que permite también pensar las cosas de otra manera, obtener otra concepción del asunto de que se trata. En este caso la idea de relatividad del movimiento. El movimiento es movimiento -- argumenta Galileo-- y opera como movimiento “en tanto en cuanto tiene relación a cosas que carecen de él; pero entre las cosas que participan igualmente de él, nada opera y es como si no existiese”.

Que esta consideración metodológica de orden general no es una novedad explícita, sino simplemente la alteración del ángulo de la mirada queda de manifiesto en el texto galileano cuando Simplicio considera tal doctrina (la de la relatividad del movimiento) “buena, sólida y completamente peripatética”. Es el protagonista del diálogo quien tiene que precisar un importante matiz teórico-metodológico. Efectivamente, Galileo matiza que cuando Aristóteles escribió que todo lo que se mueve lo hace sobre alguna cosa inmóvil debió haber escrito que todo lo que se mueve se mueve respecto de alguna cosa inmóvil, “proposición que no ofrece ninguna dificultad, mientras que la otra presenta muchas”.

Todavía hay en el Diálogo otro paso que conviene tomar en consideración para

estudiar la cuestión del método en el surgimiento de la moderna ciencia de la naturaleza. Se puede considerar este paso como otra forma de ver la distinción entre la investigación por vía observacional (con análisis reductivo) y “exposición de la teoría en su conjunto” o, si se prefiere, exposición global, totalizadora de los resultados obtenidos en la investigación. Esa distinción acaba concretándose en otra, la que se da entre calculismo formal para cuadrar las apariencias y reflexión filosófica sobre las partes y el todo de un sistema científico.

En efecto, al tratar de los motivos por los cuales hubo tantas resistencias al sistema astronómico copernicano, Galileo=Salviati distingue entre el astrónomo como calculador puro y el astrónomo filósofo; establece a continuación que los “astrónomos puros” se proponen “dar razón de las apariencias de los cuerpos celestes y adaptar a éstas y a los movimientos de las esferas unas estructuras y combinaciones de círculos tales que los movimientos calculados, según ellas correspondan a esas mismas apariencias, importándoles poco admitir cualquier hipótesis extravagante que de hecho sea difícil de aceptar por otros aspectos”.

También Copérnico intentó algo así al pretender cuadrar apariencias y cálculos en el marco del sistema ptolemaico. Pero el mismo Copérnico se dio cuenta de que “al querer componer conjuntamente todas las partes individuales de la estructura resultó un monstruo y una quimera compuesta de miembros desproporcionadísimos entre sí y totalmente incompatibles”, de modo que “si bien ello podía satisfacer al astrónomo calculador puro no daba satisfacción ni tranquilidad al astrónomo filósofo”.

Finalmente Galileo=Salviati manifiesta en ese contexto su preferencia metodológica a favor del “astrónomo filósofo” personalizado en un Copérnico que habría llegado a la conclusión de que “si con supuestos esencialmente falsos se podían salvar las apariencias celestes, mejor podría hacerse todavía con supuestos verdaderos”.

Sintomáticamente también en el caso de la astronomía la búsqueda de “supuestos verdaderos” no es una operación formalmente calculística sino una investigación histórica, una búsqueda histórica: la recuperación de un “cabo suelto” en la historia de la astronomía, el de los pitagóricos griegos que atribuyeron a la Tierra la rotación diurna. Galileo=Salviati concluye así: “Viendo que el todo se correspondía con las partes con admirable simplicidad, adoptó esta nueva disposición, quedándose /el astrónomo filósofo/ ahora enteramente satisfecho y tranquilo”.

Las objeciones contra el movimiento de la Tierra y los experimentos galileanos (mentales y reales)

La idea de la relatividad del movimiento juega un papel central en la refutación galileana de las objeciones aristotélicas contra el movimiento diurno de la Tierra, como se verá a continuación.

En la Segunda jornada Galileo repasa de la mano de Simplicio las principales objeciones al movimiento de la Tierra elaborados por Aristóteles, los aristotélicos y más general las personas contrarias al punto de vista copernicano:

1º Los cuerpos graves que cayendo de arriba abajo van por una línea recta y perpendicular al centro de la Tierra, lo que se considera como prueba irrefutable de que la Tierra está inmóvil. Si la Tierra se moviera, la piedra al ser arrastrada por la rotación de la misma, recorrería muchos centenares de codos hacia oriente y chocaría con el suelo otros tantos codos lejos de la base de la torre.< La experiencia de la torre>.

2º Esto lo confirma otra experiencia hecha con una bola de plomo dejada caer desde el mástil de una nave parada y comparando dónde cae cuando se la deja caer desde el

mismo mástil de la nave en marcha: su choque estará alejado del mástil tanto espacio cuanto la nave haya recorrido en el tiempo de la caída del plomo..

He aquí la argumentación resumida: “Como cuando la nave está quieta la piedra cae al pie del mástil y cuando está en movimiento cae lejos del pie, por consiguiente, a la inversa, de que la piedra caiga al pie se infiere que la nave está quieta y de que caiga lejos se argumenta que la nave se mueve; y como lo que ocurra en la nave debe análogamente suceder en la Tierra, del caer la piedra al pie de la torre se infiere por necesidad la inmovilidad del globo terrestre”.

3° Si la tierra se moviera velozmente con movimiento circular saldrían despedidas piedras, fábricas y ciudades enteras hacia el cielo como ocurre con las partes de una rueda cuando se hace girar velozmente una de ellas y no se hayan sólidamente contenidas. En cambio, no vemos esto sino que las arenas, las hojas y piedras reposan muy quietas en la tierra.

Lo que Simplicio considera un silogismo perfecto es para Galileo. un paralogismo, una petición de principio. No podemos tener noticia de que la caída de la piedra desde la torre sea recta y perpendicular si primeramente no sabemos que la tierra está firme. Pero, lo que es más importante, la experiencia, según Galileo, muestra todo lo contrario de lo que se acaba de escribir: la piedra cae siempre en el mismo lugar que la nave, tanto si está en reposo como si se mueve a gran velocidad. Y al ser la misma causa para la Tierra que para la nave, del caer la piedra siempre perpendicularmente al pie de la torre no se puede inferir nada del movimiento o reposo de la tierra.

Es ahí donde interviene el argumento acerca de la relatividad del movimiento:

“Respecto a la Tierra, a la torre y a nosotros, que nos movemos todos a la vez con el movimiento diurno, junto con la piedra /que cae de la torre/, este movimiento es como si no existiese; resulta insensible, imperceptible y sin acción alguna. Sólo es observable aquel movimiento del que nosotros carecemos, cual es el de bajar rozando la torre. .

En lo que respecta al argumento de que el movimiento de la Tierra daría lugar a la demolición de los edificios y al lanzamiento de los animales y de los hombres hacia el cielo, Galileo .lo refuta advirtiendo que los ptolemaicos sólo pueden dirigir este argumento contra los que habiéndole concedido reposo a la Tierra por algún tiempo, de modo que los animales, las piedras y los moradores pudieran habitarla y construirse los palacios y las ciudades. Pero si la disputa hubiera sido contra los que hubiesen atribuido a la tierra un tal vertiginoso giro desde su creación, lo habría refutado diciendo que si la Tierra se hubiese movido siempre, nunca se habrían podido establecer sobre ella ni animales, ni hombres ni piedras y mucho menos fabricarse edificios y fundarse ciudades

La Tercera Jornada está dedicada al movimiento anual de la tierra alrededor del sol. En ella Salviati argumenta a favor del sistema copernicano: que no es la Tierra sino el Sol el que está en el centro de las rotaciones de los planetas .Galileo procede con orden. Da primero una razón para excluir a la Tierra del centro: el hecho (comprobado por el propio Galileo a través de las observaciones telescópicas) de que todos los planetas se hallan unas veces más próximos y otras más alejados de la Tierra; se han observado diferencias tan grandes que, por ejemplo, Venus, cuando está muy alejado se encuentra seis veces más distante que cuando está muy cerca y Marte se aleja casi ocho veces más en un caso que en otro”.

A continuación da razones de que los movimientos de los planetas de mueven en torno al Sol. Primero, una deducción: Marte, Júpiter y Saturno se encuentra siempre muy próximos a la Tierra cuando están en oposición al Sol y muy lejanos cuando están cerca

de la conjunción. Luego añade una comprobación segura: Venus y Mercurio giran en torno al sol por el hecho de que nunca se alejan mucho de él y de que se las ve unas veces debajo y otra encima, como se deduce de la mutación de la forma de Venus.

De todas formas, una vez ubicados los planetas en el sistema copernicano Galileo sigue presentando la conclusión de que la tierra se mueve y el sol está en reposo como “la conjetura más razonable”, “porque en las esferas móviles es más razonable que sea el centro el que esté quieto que no algún otro lugar alejado de ese centro” .

Un poco más adelante se ocupa Galileo de la objeción según la cual mientras los otros planetas giran en torno al Sol únicamente la tierra realiza este movimiento anual, no solitaria sino acompañada de la Luna girando al mismo tiempo la Luna en torno a la Tierra una vez al mes. Para rebatir esta objeción Galileo consideró decisivo el haber podido ver por el telescopio...

“Júpiter como otra Tierra, dar una vuelta alrededor del Sol cada doce años, no acompañado de una Luna sino de cuatro” Concluye en este punto: ”Puesto que La Tierra está situada entre los cuerpos del mundo que indudablemente se mueven en torno al Sol (sobre Mercurio y Venus y bajo Saturno, Júpiter y Marte), será probabilísimo y acaso necesario conceder que también ella gira alrededor del Sol”

BIBLIOGRAFIA

1- Textos de Galileo Galilei

Galileo Galilei, Antología, edición de Víctor Navarro, Península, Barcelona, 1991. Introducción y cronología.

Galileo Galilei, La nueva ciencia del movimiento (antología), al cuidado de C. Azcárate, M. García Doncel, J. Romo. Publicaciones de UAB y de UPC, Bellaterra, 1988.

Galileo Galilei, Discorsi e dimostrazioni, edición facsimilar de la edición Leiden conservada en la Biblioteca Nacional Central de Florencia, UAB/UPC, Bellaterra 1988.

Galileo Galilei, Carta a Cristina de Lorena y otros textos sobre ciencia y religión. Alianza, Madrid, 1987.

2- Sobre el concepto de “revolución científica”

A. Rupert Hall, La revolución científica:1500-1750. Crítica, Barcelona, 1985 (la primera edición inglesa es de 1954; revisada en 1962), Introducción págs. 9-37.

3- Para la contextualización de la obra de Galileo Galilei en el marco de las ideas científicas

R. Taton, Ed. Historia general de las ciencias ed. cit. vol. II, La ciencia moderna, cap. II, “La revolución copernicana” págs. 65-97.

A.C. Crombie, Historia de la ciencia. De san Agustín a Galileo, volumen 2. Madrid, Alianza, 1987, págs. [ver particularmente págs.154-155 para la comparación de los sistemas ptolemaico y copernicano].

Herbert Butterfield, Los orígenes de la ciencia moderna. Madrid, Taurus (última ed.) 1982.

A.Rupert Hall, From Galileo to Newton. Dover Publications. New York, 1981

4- Para la ubicación de la obra de Galileo en la historia de las ideas en general

Eugenio Garin, “Galileo e la cultura del suo tempo” y “Galileo “filósofo””, en Scienza e vita civile nel Rinascimento italiano. Laterza, Bari, 1980.

Rodolfo Mondolfo, “El pensamiento de Galileo y sus relaciones con la Antigüedad y el Renacimiento”, en Figuras e ideas de la filosofía del Renacimiento. Icaria, Barcelona, 1980.

Luigi Bulferetti, Galileo Galilei nella società del suo tempo. Lacaita Editore. Manduria,1973.

5- Para la interpretación

Johannes Hemleben, Galileo. Salvat, Barcelona, 1995 [biografía].

Alexandre Koyré, Estudios galileanos. Siglo XXI. Madrid (última edición) 1990, sobre todo capítulo 3.

Stillman Drake, Galileo. Alianza, Madrid, 1992

Stillman Drake, Galileo studies: personality, tradition and revolution. University of Michigan Press, Ann Arbor, 1970.

William R. Shea, Galileo’s intellectual revolution: middle periode, 1610-1632. Science History Publication, New York, 1977 (traducción castellana en Ariel)

T.H. Lever and W.R. Shea Eds. Nature, experiment and the sciences. Essays on Galileo Kluwer Academic, Dordrech, 1990.

Pierre Thuillier, “Experimentó Galileo?”, en De Arquímedes a Einstein. Las caras ocultas de la invención científica. Alianza, Madrid, 1990, volumen 2, cap.VIII.

6- Sobre el proceso

Bertolt Brecht, “Galileo Galilei”, en Teatro de B.B. Editorial Arte y Literatura. Ciudad de La Habana, 1981[dramatización de la vida de GG].

Hans-Werner Schütt, "El proceso contra Galileo (1633). Tragedia de los errores", en Alexander Demandt, Los grandes procesos. Ed. Crítica, Barcelona, 1990 [estudio panorámico]

Pietro Redondi, Galileo herético. Alianza, Madrid, 1990. [Polémica revisión de los motivos del proceso a Galileo a partir del descubrimiento de un documento de 1624 sobre la intervención del Colegio Romano de los jesuitas en el origen de las acusaciones contra Il Saggiatore; según esta versión de los hechos el origen secreto del proceso contra Galileo habría sido su defensa de las teorías atomistas que socavaban el dogma tridentino de la Eucaristía].

I. Stengers, "Los episodios galileanos", en M. Serres, Historia de las ciencias, traducción castellana: Madrid, 1991.

Prof. Lic Mario García Cardoni