

ASPECTOS DE LA CRITICA DE GALILEO A ARISTOTELES

Ignacio María Salazar. Universidad de Sevilla

Galileo es un personaje que se encuentra en una encrucijada histórica singular y puede con ello ofrecer diversos problemas analizables que siguen siendo de interés. Se beneficia de una larga serie de aportaciones científicas que han ido consiguiéndose a lo largo de la Edad Media y del Renacimiento, pero va a revolucionar sensiblemente los planteamientos científicos, por lo menos en lo que se refiere a la física. Como señala Crombie:

«Fue de hecho Galileo el principal responsable de introducir los métodos experimentales y matemáticos en todo el campo de la física y de producir la revolución intelectual por la que la dinámica primero y luego todas las ciencias, tomaron la dirección de la que no se desviarán.»¹

Está claro entonces que Galileo no es un científico más. Figura en la historia como un personaje polémico, símbolo de bastantes luchas y poseedor de un carácter muy propio. Pero, como decíamos, es él quien decisivamente aplica a la naturaleza las matemáticas como fundamento de la única metodología científica válida.

No parece necesario poner ahora de manifiesto la importancia que esto tiene para el desarrollo de todas las ciencias —incluida la filosofía—; Descartes, Boyle, Cavalieri, Huygens, Leibniz, Newton... comienzan a describir la trayectoria que, con ligeras variaciones, conduce hasta la actualidad.

Sabido es también que la obra científica de Galileo, en sus dos vertientes o aspectos fundamentales —por un lado la astronomía y por otro la mecánica— suponen una durísima crítica a la ciencia física aristotélica.

Parece ser que la física y astronomía galileanas socavan los fundamentos de la física aristotélica. Ciertamente después del siglo XVII poco aportaron descripciones explicativas tales como las distinciones aristotélicas entre movimiento natural y movimiento violento. Pero, ¿realmente supera la física galileana a la de Aristóteles?

¹ CROMBIE, A. C. *Historia de la Ciencia: De San Agustín a Galileo*. Ed. Alianza, Madrid, 1974. Tomo II, p. 125.

Una de las facetas famosas de este italiano que está a caballo entre los siglos XVI y XVII son las interminables y tantas veces amargas polémicas con la Inquisición y con los representantes del pensamiento aristotélico de su tiempo. ¿Merecería Galileo tanta atención? ¿Tan importante era lo que estaba en juego para justificar el rigor de la condena?

De hecho hay miedo en los aristotélicos. Galileo lo refleja en sus obras en varias ocasiones. Unas veces mofándose, otras en tono conciliador intentando disuadir temores, otras lamentándose. He aquí un texto de su obra «*Diálogos sobre los dos sistemas máximos del universo*», que puesto en boca del representante aristotélico, refleja este miedo al que se aludía:

«Esta manera de filosofar tiende hacia la subversión de toda la filosofía natural y al desorden, y a poner boca abajo el cielo y la tierra y todo el universo. Pero yo creo que los fundamentos de todos los peripatéticos son tales que, destruyéndolos, mucho dudo que se puedan construir ciencias nuevas.»²

La gran síntesis aristotélico-cristiana, con sus lagunas, imprecisiones y pequeños errores, era capaz de ofrecer una imagen global, completa y autosuficiente del mundo, del hombre y de la relación entre ambos. La sensibilidad ante críticas de este tipo es por ello muy grande. Pero tiene razón Galileo cuando con magistral ironía señala:

Comprendo perfectamente al señor Simplicio y veo que se debate con fuerza contra estas demasiado concluyentes razones y, por otro lado, al ver la gran autoridad adquirida por Aristóteles ante todo el mundo, al considerar el gran número de intérpretes famosos que se han fatigado en explicar su significación, al ver otras ciencias, tan útiles y necesarias al público, que se han basado en gran parte en la estima y reputación del crédito de Aristóteles, le asusta y le confunde; me parece que debe de estar pensado: ¿A quién se ha de recurrir para aclarar nuestras controversias, si a Aristóteles le quitamos el sitio?, ¿qué filósofo ha escrito tanto sobre la filosofía natural y tan ordenadamente, sin dejar de exponer ni una sola conclusión particular?; ¿se debe, por tanto, destruir este edificio en el que se han refugiado tantos viandantes?; ¿se debe destruir este asilo, este Pritaneo, donde tan tranquilamente se han recogido tantos estudiosos, donde sin exponerse a las inclemencias del tiempo, con sólo revolver unos pocos papeles, se adquirirían todos los conocimientos de la naturaleza?»³

De cualquier forma, acerquémonos ya a los resultados científicos obtenidos en su dilatada vida de investigación.

En primer lugar, hay que señalar que el interés por la astronomía constituyó el origen y el acicate de su investigación. Como se ha señalado:

«Sin duda sería exagerado pretender que la obra de Galileo fue en su totalidad el resultado de preocupaciones cosmológicas, y presentarla en su totalidad como una lucha por la concepción copernicana del universo. Pero no por ello deja de ser cierto que las preocupaciones cosmológicas desempeñan un papel de primerísima importancia en el pensamiento y los estudios de Galileo, y que desde su juventud, desde los tratados y diálogos sobre el movimiento es-

² GALILEI, Galileo. *Opere*. Edizione Nazionale. Florencia, 1898-1909. Tomo VII (primera jornada), p. 62.

³ GALILEI, Galileo. *Diálogos sobre los sistemas máximos*, *Opere*. Tomo VII (primera jornada), p. 81.

bozados por él en Pisa, le vemos plantearse problemas que sólo cobran su cabal significado en función de la concepción copernicana del universo.»⁴

Pero en astronomía, aparte de los descubrimientos consecutivos a la «invención» del telescopio, Galileo fracasó. Y fracasó para la ciencia no porque le condenaran y encarcelaran, sino porque no consiguió dar con una prueba definitiva que demostrara que era la Tierra la que se movía y no el Sol.

A pesar de todo ello, estas observaciones constituyen ya una crítica a la ciencia natural de Aristóteles. En su *Sidereus Nuncius*, de 1610, que sale a la luz cuando aún no ha transcurrido un año desde que comenzara a trabajar en el perfeccionamiento del telescopio, Galileo anuncia con orgullo y emoción el resultado de las intensas observaciones de los últimos meses:

1. La Luna tiene relieve, al igual que la Tierra.
2. Queda definitivamente resuelto el problema de la naturaleza de la Vía Láctea y de las nebulosas.
3. Es extraordinariamente grande el número de estrellas invisibles del firmamento.
4. Descubrimiento de los satélites de Júpiter (planetas medicos) que Galileo va a utilizar en apoyo de la tesis heliocéntrica⁵.

Al publicar en 1632 los *Diálogos sobre los sistemas máximos*, obra en la que concentrará todas las pruebas a favor de la tesis de Copérnico, apoyará ésta con otro descubrimiento astronómico que es prácticamente contemporáneo con los anteriores: las manchas solares.

La cosmología aristotélica se fundamenta en la idea de un universo perfecto, finito, único y eterno, ordenado espacial y materialmente en dos mundos distintos por medio de las teorías de los lugares naturales y de los elementos. Los descubrimientos de Galileo erosionan seriamente este sistema aristotélico en varios puntos:

1. Se deshace la distinción aristotélica entre el mundo sublunar y el celeste. Comprobada la rugosidad lunar ya no hay razón para estimar que la Tierra no es también uno de los cuerpos celestes. Además, como señala en la primera jornada de los «*Diálogos*»:

«Decir que el cielo es inalterable porque en la Luna o en otro cuerpo celeste no se ven alteraciones que suceden en la Tierra, no tiene fuerza para concluir cosa alguna.»⁶

2. El esquema finalista, fundamentalmente el esquema finalista medieval, parece resentirse también. Para la mentalidad medieval era suficientemente claro que el mundo y todo lo que en él existía, había sido creado para el servicio del hombre, y que el hombre había sido creado para el servicio de Dios. El Sol estaba allí para darnos luz, decirnos el tiempo y fijarnos el calendario a través de sus movimientos. Las estrellas y los planetas eran un medio de distribuir influencias beneficiosas o perjudiciales a las cosas de la Tierra con las cuales estaban asociadas.

Con el telescopio se alcanza a ver en la Vía Láctea, y fuera de ella, infinidad de estrellas que no son perceptibles a simple vista. Tales hechos no podían fácilmente

⁴ KOYRE, Alexandre. *Estudios Galileanos*. Madrid, Siglo XXI, 1980, p. 193-4.

⁵ GALILEI, Galileo. *Opere*. Tomo III, primera parte, pp. 59-95.

⁶ GALILEI, Galileo. *Opere*. Tomo VII, p. 74.

explicarse para aquellos que creen que el universo se había creado exclusivamente en beneficio del hombre. ¿Para qué pondría Dios cosas invisibles en el cielo?

3. Pero la complicación mayor surge debido al hecho de que la astronomía aristotélica está unida a la dinámica. Galileo critica este esquema diciendo que el Estagirita comete paralogismo en la demostración de que la Tierra no se mueve y ocupa el centro del universo, pues explica los movimientos locales en virtud de los lugares naturales y éstos por aquéllos⁷.

También acusa Galileo a Aristóteles de cometer paralogismo cuando, a propósito de la demostración del no movimiento de la Tierra, afirma que el movimiento natural no es ni puede ser compuesto. De igual modo criticará a Aristóteles por deducir la incorruptibilidad de los cuerpos celestes de su movimiento y viceversa⁸.

Por último, Galileo critica también la demostración de la finitud del universo de Aristóteles, aduciendo que identifica el universo con lo móvil. Dice así el representante aristotélico en la tercera jornada:

— «Que el mundo es finito, limitado y esférico, lo prueba Aristóteles con cien demostraciones.»

A lo que responde Galileo:

«Que se reducen a una sola y ésta a nada; pues si yo le niego el supuesto, es decir, que el universo es móvil, todas sus demostraciones se desvanecen, pues él no prueba que sea finito y limitado sino aquello del universo que es móvil.»⁹

Aunque son muchos los ejemplos que se podrían citar, todos conducen al mismo resultado: Galileo no consigue la prueba definitiva que demuestre sin paliativos que la Tierra se mueve, a pesar de que él esté totalmente convencido y después de la adjuración se le quede entre los dientes, como cuenta la leyenda, la famosa exclamación: *I Eppur si muove!*

Pasemos ahora brevemente a analizar la otra vertiente, la mecánica. Ciencia ésta a la que se va a dedicar por entero después de la condenación de 1633 y en la que alcanzará uno de los logros científicos capitales de la época moderna, cristalizado en su obra más importante desde el punto de vista científico: *Discursos sobre dos nuevas ciencias*. El objetivo de esta obra es la consolidación de las leyes mecánicas que Galileo había descubierto y aplicado, para refutar las objeciones de carácter mecánico que normalmente se aducían contra el copernicanismo. Pero, ¿qué suponen estas nuevas leyes mecánicas para la física de Aristóteles?

Dentro de la doctrina general aristotélica del cambio (*kinesis*) como actualización de las potencias, el movimiento (o cambio de lugar) aparece como un proceso ontológico entre dos términos —lugares— que exige la eficacia de un acto externo, un motor, pues lo que aún no es no puede ser causa de sí mismo. De ahí que el movimiento exija no sólo un motor externo, sino también su aplicación —contacto— constante, pues al cesar la causa cesa el efecto. En Aristóteles existe también un principio de inercia según el cual los cuerpos tienden naturalmente al reposo en sus lugares propios, lo que unido al requisito del motor externo en constante contacto, produce dificultades insalvables. Pues, en efecto, en los movimientos naturales el motor viene dado por las condiciones ponderales del elemento que compone el mó-

⁷ GALILEI, Galileo. *Diálogos sobre los sistemas máximos*, *Opere*. Tomo VII, primera jornada.

⁸ GALILEI, Galileo. *Diálogos sobre los sistemas máximos*, *Opere*, Tomo VII, segunda jornada.

⁹ GALILEI, Galileo. *Diálogos sobre los sistemas máximos*, *Opere*. Tomo VII, pp. 347-348.

vil, poniendo en entredicho la exterioridad del motor, mientras que en los movimientos violentos de proyección —al arrojar una piedra, por ejemplo— el motor no acompaña al móvil, sin que por ello cesando la causa cese el efecto. Estas dificultades fueron el acicate de la teoría del *Impetus* y de otras alteraciones de la doctrina aristotélica durante la Edad Media.

Otro asunto relacionado con el anterior es que Aristóteles creía erróneamente que los cuerpos pesados, al caer, aumentan de velocidad mucho más rápidamente que los cuerpos ligeros.

Uno de los postulados implícitos de su mecánica era que el movimiento real de un objeto viene determinado por la tendencia del elemento presente en mayor abundancia. Así, el movimiento natural de descenso es directamente proporcional al peso e inversamente proporcional a la resistencia del medio a dejarse penetrar.

Aristóteles había dicho en el libro I, capítulo 6, de su tratado *Sobre los Cielos*, que:

«Un peso determinado recorre una determinada distancia en un tiempo dado; un peso más pesado se mueve a la misma distancia en menos tiempo, siendo éste inversamente proporcional al peso. Por ejemplo, si un peso es doble, tardará la mitad de tiempo en recorrer la misma distancia.»¹⁰

A esto opone Galileo su versión del principio de Arquímedes, según el cual la velocidad de caída de un grave está determinada por su peso específico, relativo al medio; es decir, por el exceso de peso del cuerpo respecto al de un volumen igual al medio.

Pero lo más importante es la formulación de la ley matemática que, como dice en la tercera jornada de los *«Discursos»*, «corresponde a la esencia del movimiento naturalmente acelerado»¹¹.

Holton sintetiza los resultados de la cinemática de la caída libre de Galileo de ese modo:

1. Ley de inercia: Cualquier cuerpo puesto en movimiento sobre un plano horizontal sin rozamiento continuará moviéndose indefinidamente con la misma velocidad.
2. En caída libre a través del vacío todos los objetos de cualquier peso, tamaño o constitución, caen a una distancia determinada en el mismo tiempo.
3. El movimiento de un objeto en caída libre o rodando hacia abajo en un plano inclinado, es uniformemente acelerado, es decir, se obtienen incrementos iguales de velocidad en tiempos iguales¹².

Estas leyes no constituyen ya una ciencia completa del movimiento, pero sí son una buena base que otros científicos posteriores completarán.

Hemos recordado brevemente lo fundamental de las aportaciones científicas de Galileo. Con ello la ciencia se reconoce a sí misma, y se rechaza la mayor parte de las

¹⁰ ARISTOTELES. *De Caelo*. Academia Real de Borussia. Editado por I. Bekker, 1860. Libro I, cap. 6, 273b/274a.

¹¹ GALILEI, Galileo. *Discurso sobre dos Nuevas Ciencias, Opere*. Tomo VIII, tercera jornada, p. 197.

¹² HOLTON, G. *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Ed. Reverte, Barcelona, 1976, p. 130.

aportaciones científicas aristotélicas. Ahora bien, hay otra serie de características y consecuencias que van a ir aparejadas también a esta nueva postura. Recordémoslas brevemente:

En primer lugar, el empleo de las matemáticas como medio válido para conocer la realidad se basa en última instancia y supone, por lo menos para Galileo, que la naturaleza está escrita en lenguaje matemático. El famoso texto de *Il Saggiatore*, escrito en 1623 nos lo recuerda:

«La filosofía está escrita en este gran libro que continuamente está abierto ante nuestros ojos (quiero decir el universo), pero no se puede comprender si primero no se aprende a entender el lenguaje y a conocer los caracteres en los que está escrito. Se halla escrito en lenguaje matemático, y los caracteres son triángulos, círculos y otras medidas geométricas, sin las cuales es imposible entender humanamente una palabra; sin ellos se dan vueltas en vano en un oscuro laberinto.»¹³

El gran logro de la física de Galileo, la obtención de la ecuación que consigue matematizar el movimiento de caída de un grave, muestra los nuevos elementos con los cuales se ha de construir a partir de este momento la ciencia: las leyes matemáticas.

«Sólo llegaremos al auténtico objeto de la naturaleza si sabemos captar las reglas necesarias y dotadas de validez general, por encima de los cambios y mudanzas de nuestras percepciones.»¹⁴

Estas leyes generales dotadas de validez general, estas funciones matemáticas que van a conseguir asimilarse a ese proceso natural tan vulgar y corriente, pero tan inaccesible durante tanto tiempo a la razón como es el movimiento de caída de un grave, van a suponer grandes ventajas. Pero al sustituir el viejo intento explicativo de Aristóteles, basado en la sustancia como razón esencial del ser y del funcionamiento de los entes, no cabe duda de que se produce un cierto empobrecimiento o limitación de las perspectivas cognoscitivas.

«Mientras que el sistema biológico de Aristóteles descubría ante nosotros la cohesión y la gradación de las formas orgánicas, ahora sólo queda en pie la escueta y “mecánica” sujeción a leyes; mientras allí se desplegaba ante nuestros ojos la naturaleza en su plenitud individual de vida, ahora se alza ante nosotros la vaciedad y generalidad de la fórmula matemática.»¹⁵

Pero todo ello, a su vez, está posibilitado por otra de las cuestiones que tienen epistemológicamente excepcional importancia, y que aparece también en *Il Saggiatore*. Se trata de la distinción entre dos tipos de cuerpos. Distinción que no es original¹⁶, que a continuación señalarían también otros filósofos y que Locke caracterizará como distinción entre cualidades primarias y cualidades secundarias. La importancia de tal distinción estriba en que fundamenta o posibilita la aplicación de la matemática al conocimiento de la realidad. El método antes descrito puede aplicarse a la naturaleza, porque en ella hay objetos geometrizables y medibles. Y esto es así, porque el conjunto de cualidades y datos con los cuales el entendimiento humano se

¹³ GALILEI, Galileo. *Il Saggiatore. Opere*. Vol. VI, p. 232.

¹⁴ CASSIRER, Ernst. *El problema del conocimiento*. Ed. Fondo de Cultura Económica, México, 1974. Tomo I, p. 359.

¹⁵ CASSIRER, Ernst. *Op. cit.*, p. 349.

¹⁶ Ya Demócrito, Grossseteste, Guillermo de Ockam y Kepler, entre algunos otros, habían aludido a ella.

representa el mundo, puede dividirse en dos: las cualidades primarias y las cualidades secundarias.

«Afirmo, sin embargo, que me siento efectivamente constreñido a pensar que un pedazo de materia o sustancia corpórea está por naturaleza limitado y tiene una figura determinada, que con relación a otros es grande o pequeño, que está en este o en aquel lugar, ahora o después, que está en movimiento o en reposo, que está o no en contacto con otro cuerpo, que es simple o compuesto. En suma, la imaginación no puede separar al cuerpo de estas condiciones. Pero mi espíritu no se ve forzado a reconocer que el cuerpo esté necesariamente acompañado de condiciones tales como blanco o rojo, amargo o dulce, sonoro o mudo, agradable o desagradable. Así, si los sentidos no la acompañan, tal vez la razón o la imaginación por sí mismos nunca habrían llegado a ellas. Por eso pienso que, por el lado del sujeto en que parecen existir, estos sabores, olores, colores, no son más que meros nombres.»¹⁷

Tal distinción tiene una serie de consecuencias muy importantes. Como claramente señala Burtt:

«Es un paso fundamental en el camino que lleva a desterrar al hombre del gran mundo de la naturaleza y tratarlo como un efecto de lo que ocurre en ella. Esto ha constituido un rasgo constante de la filosofía de la ciencia moderna, un procedimiento que significa enormemente el campo de la ciencia, pero que ha traído en su estela los grandes problemas metafísicos y sobre todo gnoseológicos de la filosofía moderna.»¹⁸

Por un lado, Galileo rechazará el antropocentrismo tradicional. Ya desde Copérnico y Bruno, el hombre va a ser progresivamente desplazado, va a tener que ir dejando el lugar privilegiado que ocupaba en el cosmos. El puesto del hombre en el universo se irá haciendo más problemático según se va resquebrajando la gran síntesis aristotélica. Galileo se opone así al antropocentrismo que, siendo en parte consecuencia del teocentrismo medieval, ofrece aspectos susceptibles de crítica.

«Me parece que seríamos demasiado arrogantes, señor Simplicio, si quisiéramos que la divina providencia y sabiduría no hiciera o dispusiera otra cosa mejor, ni más adecuada, que atender únicamente a nuestro cuidado; no quisiera que limitáramos tanto su mano, sino que nos contentásemos con saber que Dios y la naturaleza se ocupan de tal manera del gobierno de las cosas humanas, que mejor no lo podrían hacer, aun si hubiera más cuidado que este exclusivo del género humano (...). Cuando se me dice que sería inútil y vano un inmenso espacio interpuesto entre las órbitas de los planetas y la esfera estrellada, carente de estrellas e inútil, como también superflua tanta intensidad para cobijo de las estrellas fijas porque superaría a toda nuestra capacidad, digo que es una temeridad el querer hacer a nuestra debilísima razón juez de las obras de Dios, y también el llamar vano o superfluo a todo aquello que del universo no nos sirva a nosotros.»¹⁹

Pero no solamente esto. Al realizar esta separación entre lo primario y lo secundario para acomodarse a esta nueva interpretación de la naturaleza, el hombre en

¹⁷ GALILEI, Galileo. *Il Saggiatore. Opere*. Vol. VI, pp. 346-347.

¹⁸ BURTT, E. A. *Fundamentos metafísicos de la ciencia moderna*. Ed. Sudamericana. Buenos Aires, 1960, p. 95.

¹⁹ GALILEI, Galileo. *Diálogos sobre los sistemas máximos. Opere*. Tomo VII (tercera jornada), pp. 394-395.

cuanto tal va a quedar separado del mundo objetivo y concreto. El hombre no sólo queda desterrado y desarraigado, sino también arrinconado y escindido.

Era inevitable que en estas circunstancias apareciera el hombre fuera del mundo real, porque era concebido como un haz de cualidades secundarias. De este modo se ha preparado totalmente el escenario para que haga su aparición el dualismo cartesiano; por una parte, el reino primario o matemático; por otra, el reino del hombre. La existencia independiente y todo cuanto tiene valor e importancia se atribuyen al primero. Por primera vez en la historia del pensamiento, el hombre aparece como espectador y efecto insignificante del gran sistema matemático que constituye la sustancia de la realidad.»²⁰

Por último, un solo punto más para completar un poco el cuadro: la ruptura de la unidad de la ciencia. Hasta esta violenta irrupción de la astronomía y la física, la ciencia en su conjunto había conservado una cierta unidad orgánica, tal como saliera, sin apenas retoques, de la mente del Estagirita. Lo uno y lo otro, la unitaria organización del saber, así como la independencia, libertad y posible incomunicación entre las diversas ciencias, tienen ventajas e inconvenientes. Pero ha sido necesario que nos acercáramos al final del siglo XX para tomar conciencia, cuando menos aproximada, de los riesgos concretos que cada rama de la ciencia, abandonada a su suerte, pueda comportar para la humanidad.

Quizá, junto con otras cuestiones mucho menos científicas, algo semejante pudieron pensar los famosos inquisidores galileanos. Pero ya allí se demostró claramente que la constricción extrínseca de la libertad científica es negativa y carente de sentido.

El problema no está en coartar el desarrollo de las diversas ciencias, sino en buscar la unidad del conocimiento. Esta parece ser, desde el estado actual de la ciencia, una de las tareas fundamentales de la filosofía en nuestros días.

²⁰ BURT, E. A. *Op. cit.*, p. 97.