

GALILEO Y EL SURGIMIENTO DE LA CIENCIA MODERNA: LA GEOMETRÍA DE LA NATURALEZA Y LA IDEA DEL DIVINO ARQUITECTO

Rodrigo Jesús Ocampo Giraldo¹

Resumo: O principal fator que iniciou o desenvolvimento do conhecimento científico foi o uso do método experimental e matemática para explicar como o mundo funciona. Este artigo trata de ferramentas de investigação que são usadas principalmente por Galileu, para estudar a natureza, o que o torna um dos grandes promotores da ciência moderna. Da mesma forma, explora a forma como o olhar científico, foi consistente e até mesmo inspirados, convicções espirituais, o que ajuda a explicar a relação entre fé e racionalismo empírico, a ascensão da ciência.

Palavras-chave: ciência moderna, Galileu, arquiteto divino, modelo matemático.

Resumen: El factor fundamental que inició el desarrollo del conocimiento científico fue el empleo del método experimental y de las matemáticas en la explicación del funcionamiento del mundo. El presente trabajo trata sobre tales medios de investigación utilizados especialmente por Galileo, para estudiar la naturaleza, lo que le convierte en uno de los grandes promotores de la ciencia moderna. De igual manera, se indaga sobre la forma en que su mirada científica, era compatible e incluso inspirada, en convicciones espirituales, lo cual permite explicar una relación entre fe y racionalismo empírico, en el surgimiento de la ciencia.

Palabras-clave: ciencia moderna, Galileo, divino arquitecto, modelo matemático.

Introducción

Cuando se estudian las principales características de los modelos de investigación conducentes al desarrollo de la ciencia moderna, es posible observar cómo cobró especial relevancia el papel asignado al lenguaje matemático para comprender la naturaleza. De igual manera, incide el perfeccionamiento de instrumentos orientados a contrastar con ensayos y experimentos, los datos arrojados por la abstracción de las dinámicas explicativas

¹ Facultad de Humanidades, Universidad Autónoma de Occidente (Cali - Colombia), rocampo@uao.edu.co

del funcionamiento del mundo físico. En el caso de Galileo, es importante precisar la manera como logra articular sus creencias religiosas con la indagación científica. Si bien este precursor de la ciencia es obligado a retractarse de las afirmaciones demostradas por su método de estudio, resulta evidente que su concepción de un universo regido por leyes susceptibles de ser descubiertas con el lenguaje matemático, era compatible con la idea de un divino arquitecto, rector del cosmos. Ciencia y Religión, dejan de ser antagónicas desde esta perspectiva, pues ambas permiten una aproximación al conocimiento y comprensión del mundo, desde una interacción necesaria de diversos factores: racionalidad e intuición, demostración e imaginación, abstracción y pragmatismo.

1. Matemática, experimentación y ciencia moderna.

Antes de Galileo, buena parte del saber riguroso susceptible de ser considerado científico, era dominado por generalizaciones lógicas e intuitivas desarrolladas a partir de la experiencia directa con la realidad, debido a la fuerte influencia de la filosofía aristotélica. Se pensaba comúnmente, que la matemática no podía expresar la naturaleza esencial de las cosas y de los procesos físicos, por cuanto era un ejercicio de abstracción en donde se excluía las diferencias cualitativas e irreductibles, de los hechos observados.

Ya en los siglos XVI y XVII, el interés por lograr un conocimiento metódico, cuantificable y demostrable, tuvo un mayor auge, básicamente por dos razones: hubo un uso sistemático del método experimental, por medio del cual podían ser estudiados los fenómenos en condiciones simplificadas y controladas; y se afianzó el uso de la abstracción matemática, la cual hacía posible variadas clasificaciones de la experiencia y el descubrimiento de nuevas leyes causales, explicando el movimiento en el globo terrestre y en los astros vecinos.

Ahora, teniendo en cuenta que el desarrollo del pensamiento científico en los siglos XVI y XVII tiene dos aspectos fundamentales, el experimental y el matemático, cabe cuestionarse si son ellos un medio innovador ideado en esos

siglos para investigar la naturaleza, o si son simplemente una recapitulación del método de investigación empleado por los estudiosos de los siglos XII y XIII, aunque con algunas modificaciones. Para abordar tal problema, se pueden sintetizar las tesis de eruditos en el tema, como es el caso de A. C. Crombie y Alexandre Koyré.

Crombie (1979) defiende una concepción de la continuidad al afirmar que la ciencia moderna tiene su origen en la Edad Media ya que los filósofos occidentales del siglo XIII comprendieron la importancia que tenía para la verificación y la falsación de una teoría dada, el método experimental. Es posible así, sustentar una evolución continua, y aunque el método experimental no estaba listo en todos sus detalles, ni se aplicaba siempre sistemáticamente, una teoría sistemática de la ciencia era ya comprendida y aplicada por un número suficiente de filósofos para producir la revolución metodológica a la que la ciencia moderna debe su origen. Así pues, la ciencia del siglo XVII y su filosofía, no llevaron consigo ninguna modificación fundamental de los métodos científicos existentes, sustituyeron simplemente, según Crombie, el procedimiento cualitativo por el cuantitativo, y dieron a la investigación experimental, un nuevo tipo de matemáticas.

Por su parte, Koyré (1978) piensa que tanto las experiencias de Grosseteste como las de Roger Bacon, no representan un progreso revolucionario, y que el progreso real del pensamiento científico parece haber sido en gran medida, independiente de los métodos usados. La llamada "revolución metodológica" tuvo un alcance bastante limitado y el desarrollo continuo de las discusiones metodológicas al final de la Edad Media, no se vio acompañado de un desarrollo paralelo de la ciencia. El lugar de la metodología no está en el principio del desarrollo científico, sino en medio de éste, la ciencia de Galileo no fue el resultado de la "revolución metodológica" de Grosseteste. En fin, para Koyré, fue por la rebelión contra el derrotismo tradicional causado por el empirismo estéril de los aristotélicos y el positivismo, que la ciencia moderna llevó a cabo una revolución que se basó en la convicción profunda de que las matemáticas son la clave para comprender la naturaleza.

En todo caso, tanto Koyré como Crombie coinciden en reconocer el platonismo, como una corriente filosófica inspiradora de la ciencia matemática de la naturaleza y de sus métodos, en el siglo XVII. Ambos aceptan que el platonismo cultivó todo un terreno de pensamiento para tratar por medio de las matemáticas, los fenómenos naturales, dándoles así a éstas, un papel mucho más importante en el sistema de las ciencias que el atribuido por el aristotelismo. Así, lo cierto es que en los siglos XVI y XVII las diversas ramificaciones de la ciencia lograron un avance enorme, debido a un nuevo enfoque en la investigación inspirado en el platonismo. Fue especialmente la aplicación de la Matemática a la Mecánica, la generadora del cambio de toda la concepción humana de la naturaleza y el factor causante de motivar la superación del sistema cosmológico aristotélico.

2. La comprensión de la naturaleza.

Galileo fue el principal responsable de introducir los métodos experimental y matemático en el campo de la Física y de producir la revolución intelectual por la que la Dinámica y, después, todas las demás ciencias, iban a encaminarse. Desde su adolescencia, Galileo sentía atracción por la matemática; inventó un cálculo geométrico para la reducción de figuras complejas a figuras simples, y escribió un ensayo sobre la cantidad continua. A la edad de veinticinco años fue nombrado profesor de matemáticas en la universidad de Pisa, en gran parte debido a la fama que había obtenido con sus estudios sobre la balanza hidrostática, y el centro de gravedad de los sólidos. Desde el principio le atrajo la Mecánica, y tan pronto como se hizo competente en el análisis matemático de los movimientos mecánicos, abrazó con entusiasmo el sistema copernicano.

Para probar la teoría copernicana, Galileo dejó a un lado procesos de inducción basados en la experiencia común, la cual era punto de partida en la física de Aristóteles, y se concentró en la construcción de los fenómenos que observaba. Mientras que Aristóteles y los escolásticos se preocupaban del por qué se producen los movimientos terrestres, Galileo se preguntaba por el cómo, y

su objeto de análisis lo estudia matemáticamente. Para Galileo las teorías matemáticas representan la realidad permanente, la esencia subyacente a los fenómenos. Esta idea se la debía en gran parte al platonismo, el cual tenía gran aceptación en Italia, y principalmente en Florencia desde el siglo XV. Un elemento central de este platonismo pitagórico, que se había hecho progresivamente plausible gracias al éxito del método matemático en la Física del siglo XVI, era la idea de que el comportamiento de las cosas estaba enteramente producido por su estructura geométrica.

La homogeneidad de la Tierra y de los cuerpos celestes, le sugería a Galileo que el movimiento terrestre es objeto adecuado de estudio matemático, por ello insistió en la necesidad de hacer medidas sistemáticas, exactas, de forma que se pudieran descubrir las regularidades de los fenómenos cuantitativamente y pudieran ser expresadas matemáticamente. Tal convencimiento de la homogeneidad del Universo se lo debió a sus descubrimientos con el telescopio, lo cual le llevó con más seguridad a hacer uso de la matemática, para estudiar los fenómenos físicos, pues hasta la época, ella se utilizaba generalmente en la Astronomía. Así, vemos escribir a Galileo lo siguiente:

[...]las cosas descubiertas en los cielos en nuestro tiempo son tales, que pueden dar completa satisfacción a todos los filósofos, dado que en los cuerpos particulares, y en la universal expansión del cielo, se han visto y se ven todavía accidentes similares a esos que entre nosotros llamamos generación y corrupción[...]en la cara del mismo Sol, se ven, gracias al telescopio, producirse y disolverse materias densas y oscuras, muy parecidas a las nubes que hay en torno de la tierra [...]
(GALILEI, 1994)

Galileo veía que cada rama de las matemáticas se podía aplicar al mundo que nos rodea; los cuerpos físicos, pensaba, son siempre figuras geométricas, si bien nunca revelan las formas exactas que se ven en la geometría pura. De ahí que cuando se va a descifrar una página desconocida de la naturaleza, el método debe ser resolverla en términos matemáticos. Tal convicción hacia las matemáticas como medio para conocer la naturaleza, le lleva a decir, por boca de Salviati, en su diálogo con Simplicio, que:

[...]en cuanto a la verdad de que dan conocimiento las demostraciones matemáticas es la misma que conoce la Sabiduría Divina; sin embargo, os concederé que el modo con que Dios conoce las infinitas proposiciones de las que nosotros conocemos solo algunas cosas es infinitamente más excelente que el nuestro, que procede con razonamientos y con pasos de conclusión a conclusión[...]Ahora bien: estos pasos, que nuestro entendimiento hace con tiempo y movimiento de uno en uno, el entendimiento divino, a modo de una luz, los atraviesa en un instante, que es lo mismo que decir que los tiene todos siempre presentes. (GALILEI, 1994)

Según se observa en este pasaje, el hombre sirviéndose de las demostraciones matemáticas, puede alcanzar un conocimiento claro de las cosas, es decir, puede llegar a la verdad. La única diferencia entre este conocimiento y el de la mente divina, es que mientras el ser humano, a causa de su pensamiento finito, procede con razonamientos y limitado por el tiempo, una mente infinita, siempre tiene presente la esencia de todas las cosas, y, por lo tanto, las conoce absolutamente.

Así, Galileo resalta la importancia de las matemáticas como instrumento por excelencia para poder conocer realmente el mundo, es decir, para acercarse a su comprensión bajo una luz intelectual con capacidad para abstraer, ordenar y relacionar fenómenos. Si bien este proceso de fragmentación y abstracción de los objetos de estudio se contrapone a la intuición omniabarcante de la inteligencia divina, es clara la importancia de este método para lograr al menos la mayor aproximación posible al conocimiento de la forma como opera el mundo.

3. La geometría del cosmos y el divino arquitecto.

Para Galileo Dios es un geómetra en sus creaciones y ha hecho que el mundo sea un sistema totalmente matemático, es decir, la naturaleza es un sistema sencillo y ordenado el cual actúa por leyes inmutables y en donde cada acción es regular e inexorable. Según este pionero de la investigación científica, si bien la naturaleza no se preocupa si sus métodos de actuación son o no comprensibles, el ser humano puede descubrirlos porque el mundo físico consiste en entidades matemáticas y leyes definidas.

Esta concepción en la cual se distingue entre un mundo matemático real, y uno ilusorio mediado por lo sensible, es muy importante para Galileo. Él diferencia marcadamente entre lo que en el mundo es absoluto, objetivo, inmutable y matemático - el escenario del conocimiento divino y del ideal humano-, de lo que es relativo, subjetivo, fluctuante y sensorial, esto es, el ámbito de la ilusión fenoménica y la opinión. En efecto, las cosas percibidas sensiblemente no son los objetos reales, pues ellas exhiben ciertas cualidades que, consideradas con el pensamiento abstracto, nos llevan al conocimiento del objeto verdadero. Dichas cualidades primarias son el número, la figura, la magnitud, la posición, y el movimiento, las cuales pueden expresarse en forma matemática.

La insistencia en la medida y en lo cuantificable, llevó a Galileo a combinar su cuidadoso método experimental, con la expresión de las regularidades observadas en términos de una abstracción matemática. Ello lo incentivó a su vez, a defender valientemente su método de explicar el mundo de los sentidos, sirviéndose de los códigos numéricos, pues aunque a menudo podía llevar a conclusiones con apariencia de estar en contradicción con la experiencia sensible, era confiable y seguro.

El uso del método del formalismo matemático le permitió a Galileo establecer firmemente la técnica de investigar un fenómeno por medio de experimentos específicamente diseñados, en los que excluía las condiciones irrelevantes de forma que éste pudiera ser estudiado en sus relaciones cuantitativas más sencillas con otros fenómenos.

Solo después de que estas relaciones habían sido establecidas y expresadas en una fórmula matemática, reintroducía los factores excluidos, o llevaba su teoría a regiones que eran inmediatamente susceptibles de experimentación. Así, siguiendo a Koyré, se puede decir que la manera en que Galileo concibe un método científico correcto implica un predominio de la razón sobre la simple experiencia, la sustitución por modelos ideales, matemáticos, de una realidad

empíricamente conocida, y la primacía de la teoría sobre los hechos. Fue así solamente como las limitaciones del empirismo aristotélico pudieron ser superadas, y como pudo ser elaborado un auténtico método experimental, en el cual la teoría matemática determina la estructura misma de la investigación.

Sintetizando el método seguido por Galileo en sus descubrimientos en el campo de la Dinámica, es posible identificar, tal como lo propone Burt (1960), tres pasos básicos. El primero es la intuición, el cual consiste en la confrontación entre el investigador y el mundo de la experiencia sensible. A partir de este confrontar, se aísla y examina determinado fenómeno, tan plenamente como se pueda, a fin de *intuir* primero los elementos sencillos y absolutos con base en los cuales se les puede dar forma matemática de la manera más fácil y completa; esto significa resolver el hecho percibido en elementos cuantitativos.

El segundo momento es la demostración. Si se ha realizado adecuadamente el primer paso, no se necesitan más los hechos sensibles; los elementos así alcanzados son sus ingredientes reales, y las demostraciones deductivas que se hagan a partir de ellos, por procedimientos puramente matemáticos, siempre deben ser verdaderos en casos similares, aunque a veces sea imposible confirmarlos empíricamente.

Por último, está la experimentación. Para tener resultados más seguros, y especialmente para convencer con ejemplos sensibles, a quienes no comparten esta confianza en la posibilidad de una aplicación matemática universal, es conveniente hacer en la medida de lo posible, demostraciones cuyas conclusiones sean susceptibles de comprobarse con experimentos. Con los principios y verdades así obtenidos, se puede pasar a fenómenos cada vez más complejos, y descubrir las leyes matemáticas suplementarias implicadas en ellos.

Ahora, también es clara la posición de Galileo al considerar la importancia de dar preeminencia a los métodos de las ciencias por sobre las interpretaciones literales de algunos pasajes de los Libros Sagrados, por cuanto estas últimas están cubiertas por

ropajes destinados a ocultar verdades dirigidas solamente a los espíritus más cultos o capaces de recibirlas, y no al pueblo en su totalidad. Por eso se lee en su carta a Castelli de diciembre de 1613, lo siguiente:

[...] aquello de los efectos naturales que la experiencia sensible nos pone delante de los ojos o en que concluyen las demostraciones necesarias, no puede ser puesto en duda por pasajes de la Escritura que dijese aparentemente cosas distintas, ya que no toda palabra de la Escritura es tan equívoca como lo es todo efecto de la naturaleza. (GALILEI, 2011).

Lejos de buscar desplazar las verdades reveladas por los resultados obtenidos en el estudio de la naturaleza, Galileo se interesa principalmente por asignar su lugar y alcances, a ambas fuentes de conocimiento, por cuanto tanto la Naturaleza como las Escrituras, son resultado de la actividad de una inteligencia universal. Esto es ratificado en diversas ocasiones por el autor, tal como se evidencia en la Carta dirigida a Cristina de Lorena en 1615:

[...] al discutir los problemas naturales, no se debería partir de la autoridad de los pasajes de la Escritura, sino de la experiencia de los sentidos y de las demostraciones necesarias. Porque la Sagrada Escritura y la naturaleza proceden igualmente del Verbo divino, [...] (GALILEI, 2006).

Si bien Galileo fue obligado a retractarse de sus descubrimientos por basarse en el sistema heliocéntrico, el cual contradecía, para los inquisidores, algunos pasajes de las Escrituras, resulta claro que el dilema presentado a este precursor de la ciencia, no fue el de la contradicción entre los textos bíblicos y los resultados de sus estudios, sino el de tener que subyugar su espíritu científico, para poder seguir proclamando su fe religiosa, aún bajo su profunda convicción de que ambas eran reconciliables.

Esta armonización entre dos fuentes de conocimiento, una revelada y otra producto del ejercicio de la razón, es posible por la concepción de un Divino Arquitecto, el cual permite pensar la unidad última de un todo complejo como lo es la naturaleza, que se descifra con el lenguaje matemático, y verdades trascendentales que por superar la mente finita humana, sólo pueden ser reconocidas por la vía de la intuición del corazón y la fe, siendo ambas aspectos fundamentales para la comprensión de la realidad.

Conclusión

La idea de un Arquitecto del Universo en el trasfondo del surgimiento del pensamiento científico moderno, introduce claramente la cuestión de cómo las concepciones espirituales lejos de constituir un obstáculo para el avance del conocimiento, pueden convertirse en factores importantes en la comprensión de la complejidad de la realidad. En efecto, concebir la existencia de un Divino Arquitecto, el cual construye el mundo por medio de un plan matemático, incentivó la búsqueda de medios para descifrar los códigos geométricos a partir de los cuales, se lograría apreciar un cosmos inteligible, en donde en medio de aparentes irregularidades e inconexiones entre los objetos y actividades del espacio fenoménico, es posible encontrar relaciones armónicas y simples.

La ciencia promovida por Galileo, no se conforma con afirmar que el asunto de las causas y los fines del mundo son el terreno de la filosofía y la teología, pues existe una estrecha conexión entre el conocimiento científico orientado hacia la explicación del funcionamiento de la naturaleza, y la comprensión de verdades trascendentes dando cuenta del sentido y el por qué de los hechos estudiados por el intelecto racionalista y metódico. Es más, buena parte de los promotores de la ciencia moderna, veían la fe y la razón como pilares necesarios para comprender la realidad y lograr la emancipación humana de las redes del prejuicio y el dogmatismo, tanto en el campo de la ciencia como en el de la religión.

Referencias

BURTT, Edwin A. *Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna*. Argentina: Editorial Sudamericana, 1960.

CROMBIE, Alistair C. *Historia de la Ciencia. De San Agustín a Galileo*. Vol.2. España: Alianza Editorial, 1979.

GALILEI, Galileo. *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. España: Alianza Editorial, 1994.

GALILEI, Galileo. *Carta a la gran duquesa de Toscana*. Argentina: Editorial del Cardo, 2006.

Disponible en: <http://www.biblioteca.org.ar/libros/133541.pdf>

GALILEI, Galileo. *Carta a Benedetto Castelli*. 2011. Disponible en:

<http://www.mundolibertario.org/secciontumornegro/wp-content/uploads/2011/10/carta-de-Galileo.pdf>

KOYRÉ, Alexandre. *Estudios de historia del pensamiento científico*. México: Siglo XXI, 1978.