



PUNTES HISTÓRICO EPISTEMOLÓGICOS. SIGLOS XVI Y XVII

Historical-epistemological notes. Sixteenth and seventeenth centuries

Jorge William Montoya Santamaría*

«Los descubrimientos anunciados en el *Sidereus Nuncius* suscitaron violentas reacciones: mientras que en los medios cultos no especializados produjeron un gran revuelo, casi todos los filósofos y los astrónomos los declararon fruto de ilusiones ópticas y ridiculizaron a Galileo, cuando no le acusaron de fraude» (Drake: 71).

Resumen: el presente artículo es una exposición de algunos aspectos epistemológicos que ayudan a la comprensión del desarrollo histórico de la ciencia en el tránsito del siglo XVI al XVII. Para ello, se menciona el aporte que hizo Michel Foucault, al definir la forma de conocimiento que predominaba hasta el siglo XVI en términos de «episteme de la semejanza», y el hecho de que para esa época en particular, no se podía hablar todavía de representación. Luego se hace una reflexión, partiendo del trabajo del historiador Georges Canguilhem, acerca de la significación que tuvo para la cultura la publicación en 1543 de los textos: *De humanis corporis fabrica*, de Andreas Vesalio y *De revolutionibus orbium coelestium*, de Nicolas Copérnico. En la última parte del artículo, se plantea que el juego de las similitudes presente hasta el siglo XVI, será

desplazado por comparaciones que conduzcan a establecer también las diferencias. El orden y la medida harán parte de esta racionalidad científica naciente. En este contexto, se recuerda que con Galileo se pasa de la experiencia común renacentista a la experimentación en la práctica científica.

Palabras clave: historia de las ciencias, revolución científica, conocimiento científico, epistemología, racionalismo

Abstract: the purpose of this paper is to discuss some epistemological aspects that are important to understand the historical progress of science throughout the 16th and 17th centuries. In this context, we mention the contribution of Michel Foucault who helped to define the type of knowledge prevailing until the 16th century as “episteme of resemblance”, and also the fact that for that particular era it was not possible to talk about representation itself. From the point of view of Georges Canguilhem’s work, we reflect then on the meaning and impact Andreas Vesalio’s *De humanis corporis fabrica* and Nicolas Copernico’s *De*

* Doctor en Epistemología, Historia de las Ciencias y de las Técnicas de la Universidad París VII-Denis Diderot, Francia. Profesor Asociado de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, adscrito al Departamento de Estudios Filosóficos y Culturales. Medellín – Colombia, jwmontoya@unal.edu.co.

Fecha de recepción: 21 de febrero de 2013
Fecha de aceptación: 07 de junio de 2013

revolutionibus orbium coelestium had on culture. Last but not least, we discuss about the theory that the game of similarities, existing until the 16th century, will be replaced by comparisons that will lead to establish differences as well. Order and measure will be a part of this emerging scientific rationality. This paper also emphasizes on the idea that thanks to Galileo we move from the common renaissance experience to experimenting in the scientific practices.

Keywords: history of science, scientific revolution, scientific knowledge, epistemology, rationalism.

EL MUNDO DE LA SEMEJANZA

Cuando volvemos nuestra mirada hacia el pasado tratando de seguir las pistas del surgimiento de nuestro saber actual, lo podemos hacer de diferentes maneras y a partir de razones distintas. El gran historiador francés de las ciencias, Georges Canguilhem (1992: 5), muestra en un artículo titulado *El objeto de la historia de las ciencias*, que existen tres razones fundamentales para hacer la historia de las ciencias.¹ La primera es histórica, en la medida en que permite conmemorar un acontecimiento relevante, plantear rivalidades o definir una paternidad intelectual. La segunda razón es científica, para acreditar un descubrimiento en el pasado. Cuando Hugo de Vries publicó su artículo en 1900 fue criticado por Correns, lo que le obligó a mencionar los trabajos del monje checo. «Es tratando de acreditar su descubrimiento en el pasado, por no poder hacerlo momentáneamente en el presente, como un inventor inventa a sus predecesores. Es así como Hugo de Vries redescubrió el mendelismo y descubrió a Mendel» (Canguilhem, 1992: 5). En el año 2000, en París, se conmemoró el centenario del descubrimiento de las

¹ Este artículo recoge las ideas planteadas por el autor en una conferencia dictada en Montreal en 1966. El artículo aparece como introducción al libro: Canguilhem, G. (1992). *El objeto de la historia de las ciencias*. En Canguilhem, G., *Estudios de Historia y de Filosofía de las Ciencias*. Medellín: CINDEC. (Obra original publicada en 1983).

leyes de Mendel por Hugo de Vries, Carl Correns y Eric von Tschermak, en esa ocasión, la función de la historia de las ciencias era la de conmemorar. La tercera razón que aduce el historiador francés es filosófica, en la medida en que la epistemología y la historia de las ciencias se complementan. Podemos decir que lo que permite este complemento es que la historia sea razonada, que tenga un despliegue conceptual y no se quede en un recuento de hechos. Los conceptos cambian con el tiempo, poseen una carga histórica que no se puede desconocer; algo que precisamente se convierte en la materia prima para el trabajo del historiador de las ciencias.

En una conferencia dictada en el Palais de la Decouverte, en París, Gaston Bachelard hablaba de *la actualidad de la historia de las ciencias*, para referirse al hecho de que

la historia de las ciencias siempre se hace desde el presente. Es un desafío muy grande y un reto para los historiadores, pues las preguntas cambian y obedecen a los avatares de las épocas. Es necesario ubicarse en la actualidad de la ciencia que se quiere historiar.

Esta es una buena noticia para los científicos, pues aunque no necesiten de la historia para hacer avanzar su saber, están llamados a incursionar en este campo.

En el caso de la biología, el interés por conmemorar el redescubrimiento de las leyes de Mendel no se reduce solo a la celebración de un acontecimiento importante; este hecho histórico se actualiza a la luz de los debates y de los conflictos generados por los avances de la biotecnología en el mundo contemporáneo, tales como los llamados OGM (Organismos Genéticamente Modificados o transgénicos), el cultivo de células madre, la procreación asistida, y muchos más. Si vemos el pasado con ojos de historiador, es

para entender mejor el presente y para resolver los enigmas que este nos plantea.

La conmemoración de los 400 años de la publicación de *Sidereus Nuncius* de Galileo y de *Astronomía Nova* de Kepler,

nos recuerda que los caminos que abrieron estos hombres de ciencia continúan vigentes. El paso de un mundo cerrado a un universo infinito, expresión empleada por Alexandre Koyré para describir la revolución científica que se gestó entre los siglos XVI Y XVII, sigue siendo actualizada por los astrofísicos.

Y la discusión no es entre el microcosmos y el macrocosmos, o entre lo finito y lo infinito, sino entre las diversas teorías que intentan explicar la conformación del universo, que tratan de comprender aspectos como su inconmensurabilidad o su acelerado proceso de expansión.

Pero el desarrollo de la ciencia no ha sido el de una evolución continua y lineal. Es Bachelard quien nos recuerda también que toda ciencia se alza sobre nociones precientíficas, sobre prejuicios que están en el acto mismo de conocer y que él describe como obstáculos epistemológicos. De allí que se entienda que el espíritu nunca llega como una *tabula rasa* al conocimiento, que incluso pueda llegar muy envejecido, pues carga con la edad de sus prejuicios. Se hace necesaria, entonces, una ruptura epistemológica con dichos obstáculos, para poder acceder al conocimiento objetivo. Para Bachelard (1981), hay muchos obstáculos al conocimiento científico: la experiencia básica, el conocimiento general, el obstáculo verbal, el obstáculo sustancialista, el obstáculo animista; pero no es gratuito que su libro *La formación del espíritu científico*, comience con la descripción de la experiencia básica,

que consiste en tomar la información que obtenemos a partir de los sentidos por dinero contante y sonante. Las condiciones de producción de un saber en una época están determinadas por lo que Michel Foucault denomina en su libro: *Las palabras y las cosas*, una episteme. Dice el autor: «en una cultura y en un momento dados, solo hay siempre una episteme, que define las condiciones de posibilidad de todo saber, sea que se manifieste en una teoría o que quede silenciosamente investida en una práctica» (1985: 166).

Es aquí donde la epistemología nos permite abordar las condiciones que gobernaban el espacio del saber en los siglos XVI Y XVII para entender por qué los avances en la ciencia significaron una ruptura con un pensamiento que pronto sería desplazado. Dice Foucault en el texto citado, que hasta finales del siglo XVI la semejanza desempeñó un papel constructivo en el saber de la cultura occidental. El mundo se enrollaba sobre sí mismo y se comunicaba a través de signos ocultos en la naturaleza. El trabajo de la ciencia consistía en entender cómo estaban dispuestas las cosas en el mundo:

El mundo está cubierto de signos que es necesario descifrar y estos signos, que revelan semejanzas y afinidades, solo son formas de similitud. Así, pues, conocer será interpretar: pasar de la marca visible a lo que se dice a través de ella y que, sin ella, permanecerá como palabra muda, adormecida entre las cosas (Foucault, 1985: 40).

A esta forma de conocimiento que primaba en Europa hasta finales del siglo XVI, Foucault la llamará: la episteme de la semejanza. Cuatro formas de la semejanza predominaban en aquella época.

Primero estaba *la conveniencia*, que establecía una relación entre las cosas por su cercanía: la tierra es conveniente con el mar, las plantas con las bestias, el hombre con lo que lo rodea. En la conveniencia el mundo forma una cadena consigo mismo, porque los bordes se tocan, las superficies se unen. Es común entonces que en esta época se describan seres imaginarios, como los que narran los cronistas de

Indias, que despertaban la imaginación de las personas y que consideraban como completamente verosímiles. Dice Foucault, que por la conveniencia se podía ver plantas en los cuernos de los ciervos, musgo sobre las conchas y una especie de hierba en el rostro de los hombres. En el arte podemos apreciar los cuadros del pintor italiano del siglo XVI, Giuseppe Arcimboldo que pintaba retratos en los que la figura se formaba por una composición hecha a partir de frutos, ramas, hojas y raíces.

La segunda forma de la similitud es la *emulación*, especie de conveniencia liberada de las ataduras del espacio y que actúa en la distancia. La imagen para representarla es la de círculos concéntricos que no están encadenados. Es la idea de reflejo y de espejo la que está en juego en esta forma de la semejanza. El rostro es el émulo del cielo, en el que la boca es Venus, los ojos el Sol y la Luna y la nariz Júpiter. Hasta las hierbas están condicionadas por las estrellas; según Crollius, un autor que escribe un tratado de las signaturas en 1608, y que es citado por Foucault, todas las estrellas son prefiguraciones espirituales de las hierbas terrestres. Las hierbas celestes miran a las terrestres insuflándoles alguna característica particular (Foucault, 1985: 29).

La tercera forma de la similitud es *la analogía*. En ella se superponen la *conveniencia* y la *emulación*. La analogía no está condicionada por el espacio, pero habla también de uniones, de junturas.

La noción de analogía esta vinculada históricamente a la noción de ser. Para Aristóteles, si el ser se dice en muchos sentidos, es siempre con relación a un término único.

Hablará entonces de la pérdida de la salud, de los remedios que devuelven la salud, del estado de salud

de un enfermo. De acuerdo con Foucault, la polivalencia que posee la analogía es lo que le da un campo de aplicación universal. Sin embargo, la analogía tendrá como privilegio de aplicación al hombre, «ya que el hombre está en proporción con el cielo, y también con los animales y las plantas, lo mismo que con la tierra, los metales, las estalactitas, y las tormentas» (Foucault, 1985: 31). El hombre es la medida de todas las cosas, porque fue hecho a imagen y semejanza de Dios. Entonces las comparaciones abundan, según Aldrovandi, las partes bajas del hombre se relacionan con los lugares infectos del mundo, y el proceso de la apoplejía es comparado con la formación de una tormenta por Crollius. Todo parte del hombre y puede llegar nuevamente a él. Sobre la analogía terminará señalando Foucault que:

Por todas partes, el hombre se preocupa por sí mismo; pero, a la inversa, este mismo hombre transmite las semejanzas que él recibe del mundo. Es el gran foco de proporciones —el centro en el que vienen a apoyarse las relaciones y de donde son reflejadas de nuevo (1985: 32).

Es necesario señalar que, de todas las formas de semejanza que están presentes en el siglo XVI, la única que ha sido reivindicada para la filosofía de las ciencias en la actualidad es la analogía. Pero no la analogía que consiste en comparar términos para asimilarlos entre sí. El filósofo de la técnica francés Gilbert Simondon (2008, 2009) dará un nuevo estatus a la analogía. En vez de tomar un resultado para compararlo con otro disímil, Simondon propone que se piense en el proceso, en la operación. Los procesos son dinámicos y algunos pueden ser asimilables entre sí. Centrarse en las operaciones puede llevar a plantear el surgimiento de una nueva ciencia que podría vincular a diversas ciencias existentes. Esta nueva ciencia podría llamarse *Alagmatica*, según Simondon. Palabra compuesta con la raíz griega *allastein*, que significa cambio o intercambio (Montoya, 2004).

Finalmente, la última de las cuatro formas de la semejanza es la *simpatía*. La cual no está sometida al tiempo o al espacio, se mueve libremente por el mundo. Las cosas simpáticas se atraen tanto entre sí que corren el peligro de fusionarse, de confundirse entre ellas. Citando a Giovanni Della Porta en su *Magia Naturalis* de 1558, Foucault trae el ejemplo de las rosas de duelo, que por la cercanía con la muerte hacen que cualquiera que respire su olor se sienta triste y agonizante. La simpatía trae el riesgo de que las cosas se fundan entre sí. De tal manera que la simpatía requiere de la antipatía para ser compensada. El ejemplo dado aquí es el de Cardano, quien en su libro *De la sutilidad*, de 1552, mostraba que:

La rata de la India es pernicioso para el cocodrilo, pues Naturaleza se lo ha dado por enemigo; de tal forma que cuando el feroz se goza al sol, le tiende una trampa con sagacidad mortal; dándose cuenta de que el cocodrilo, adormecido en su deleite, duerme con el hocico abierto, se mete por allí y se cuelga por el largo garrón hasta el vientre, cuyas entrañas roe y sale al fin por el vientre de la bestia muerta (Foucault, 1985: 33).

Pero la rata también tiene antipatía con la araña y a veces muere luchando con el áspid.

Lo que podemos apreciar en esta exposición que hace Foucault es que en el Renacimiento no estamos en una época de fulgor científico; que, como él mismo lo señala, conocer es interpretar. Hay un lenguaje oculto en la naturaleza, pero ese lenguaje solo nos es dado a través de las signaturas. Si el acónito sirve para curar las enfermedades de los ojos es porque sus granos están recubiertos de una membrana que se asemeja a los párpados. Es necesaria una marca visible que nos permita apreciar lo invisible. Por esta razón dice el autor que: «La forma mágica era inherente a la manera de conocer» (Foucault, 1985: 41). Se podían producir efectos a distancia en las personas, los astros gobernaban sus vidas, y las plantas y los animales eran responsables de la salud y de la enfermedad.

Pero si existía un lenguaje oculto en la naturaleza, también el propio lenguaje hacía parte de esta episteme de la semejanza. Las palabras también poseían un carácter mágico. Ellas se podían combinar con otros elementos para producir resultados. Hacía parte de un mundo oscuro, espeso, que era necesario descifrar. Las palabras en el siglo XVI no encierran un sentido, ni son signos que están sustituyendo a las cosas del mundo: *aliquid stat pro aliqua*. En pocas palabras, no hay todavía representación. Las palabras poseen virtudes como las que tienen las cosas. La particularidad del lenguaje está en que hay muchos lenguajes y su desciframiento solo es posible por medio de otros discursos.

VESALIO Y COPÉRNICO

Como vemos, el hombre ocupa un lugar central en todo este escenario, por tal motivo hablamos de antropocentrismo. En este contexto aparecerán dos obras de capital importancia en 1543, *De humanis corporis fabrica*, de Andreas Vesalio y *De revolutionibus orbium coelestium*, de Nicolas Copérnico. Georges Canguilhem ofrece una conferencia conmemorativa del cuarto centenario de la muerte de Andreas Vesalio en la Academia Real de Medicina de Bélgica en 1964, titulada: *El hombre de Vesalio en el mundo de Copérnico: 1543* (Canguilhem, 1992: 16-23). El texto comienza con una crítica a la formulación del historiador Charles Singer, cuando este afirma que Copérnico y Vesalio han destruido para siempre la teoría del Macrocosmos y del Microcosmos tan en boga en la Edad Media. Canguilhem plantea, que para los historiadores de las ciencias ya se acepta que el Renacimiento, más que ser un rechazo a tradiciones recientes, se caracteriza por un reconocimiento de tradiciones retomadas en sus orígenes; de allí que sea un retorno a Pitágoras, Platón, Arquímedes y Galeno. Sin embargo, podemos agregar que el abandono que se estaba dando de la ontología aristotélica implicaba quedarse sin una alternativa, lo que hacía que el Renacimiento se encontrara reducido a una ontología mágica y a una

credulidad absoluta, tal como lo ha mostrado Alexandre Koyré (1978) en su texto: *La aportación científica del Renacimiento*. Vale la pena retomar los planteamientos de Canguilhem para entender por qué la coincidencia de estas dos publicaciones tiene unas implicaciones en la ubicación del hombre en el universo que pueden ser mostradas con la historia epistemológica de las ciencias. Para Canguilhem:

La astronomía de Copérnico sigue siendo una cosmología, una teoría del Cosmos, de un mundo siempre finito aunque inmenso, de un mundo siempre perfecto aunque cambiante. Si Copérnico se decide por la separación del centro de referencia cinemático y del lugar de percepción visual de los movimientos planetarios, si da más crédito a una suposición de Aristarco que a todo el sistema de Aristóteles, si abandona la tesis de la cosmología de Tolomeo, es porque se preocupa por una mayor fidelidad a su espíritu, o para decirlo de una manera más simple, para salvar las apariencias ópticas. Copérnico, como lo dijo el lamentado Alexandre Koyré, no es todavía copernicano. Es preciso entender que Copérnico al querer ser más tolemaico que Tolomeo hizo posible la revolución copernicana (1992: 17).

Esta revolución es la que conduciría a que la cosmología se convirtiera en astrofísica. Porque para Copérnico el cielo de las estrellas fijas seguía siendo una bóveda esférica centrada y los planetas sostenían un movimiento circular y uniforme. De manera que es aceptado corrientemente, que con la publicación del libro de Copérnico en 1543, que con el paso del geocentrismo de Tolomeo al Heliocentrismo, se produjo automáticamente un desplazamiento del lugar que el hombre ocupaba en el mundo. Pero en lo que quiere hacer énfasis Canguilhem, es en el hecho de que si bien el hombre estaba siendo desplazado de su lugar central por los avances en cosmología, a su vez estaba siendo restituido por los trabajos de anatomía. El tratado de Vesalio marca un hito en la historia de la medicina y de la anatomía por varias razones. Primero, porque muestra los cuerpos en movimiento, con sus músculos y ligamentos al descubierto; con paisajes como telón de fondo, que hoy se

sabe que corresponden a la región de Padua y que forman una continuidad entre sí reconocibles en el territorio (Canguilhem, 1992: 20). Pero el elemento más importante estriba en el hecho de utilizar cuerpos humanos para estudiar al hombre. Vesalio insistía en esta necesidad, pues desde Aristóteles y Galeno se empleaban cadáveres de animales para comprender la anatomía humana, ya que se consideraba que existía una serie animal en la que el hombre ocupaba el lugar jerárquico. Pierre Belon realizó la primera lámina comparativa entre el esqueleto humano y el de las aves en 1555. El alón que está en el ala correspondería al dedo pulgar que está en nuestra mano. Al igual que los dedos de los pies encontrarían su equivalente en las patas de las aves. Foucault insiste en que la rejilla de lectura que debemos aplicar para entender este trabajo de Belon

nos lleva a concluir que lo que está en juego es la positividad de la época basada en la analogía. Sería, pues, un anacronismo ver allí los orígenes de la anatomía comparada. Pero Canguilhem señala que la opinión de que el hombre es la realización de una serie animal en la que él ocupa la dignidad jerárquica, ha sido también el motor que condujo a que las relaciones de analogía entre el hombre y los animales pudiesen expresar relaciones de genealogía, aspecto clave en el desarrollo de la anatomía comparada (Canguilhem, 1992: 18).

Siguiendo en su argumentación, Vesalio habría ignorado completamente este aspecto. No se trataba tanto de apreciar esa dignidad jerárquica como de resaltar la singularidad del hombre. De manera que mientras la obra de Copérnico descentraba la tierra y por ende al hombre, la *Fábrica* de Vesalio lo ponía nuevamente en el centro. Es conocido el frontispicio de la obra en la que se puede

apreciar a Vesalio al lado de un cadáver en un anfiteatro rodeado de gente que aprecia el acontecimiento. Él mismo es el *magister*, el *demonstrator* y el *ostentor*. A diferencia de la práctica medieval, Vesalio no está siguiendo los libros para identificar las partes en el cuerpo, va directamente al cadáver con sus instrumentos de anatomista. Esta actitud de desafío de la autoridad establecida por la tradición, le permitió crear una de las obras más influyentes en el desarrollo de la medicina moderna. Canguilhem se pregunta si la revolución anatómica no sería como la revolución cosmológica invertida:

En 1543, cuando Copérnico proponía un sistema en el que la tierra natal del hombre ya no era la medida y la referencia del mundo, Vesalio presentaba una estructura del hombre en la que este era él mismo y solo él, su referencia y su medida (1992: 19).

Finalmente, se pregunta Canguilhem, si este retorno al hombre que se produce con el libro de Vesalio, a la idea de totalidad orgánica humana, en un momento en el que comenzaba a caer en desuso la idea de totalidad cósmica, no podría más bien interpretarse como una referencia a la situación fundamental del hombre, que más allá de toda época es un ser vivo en el que esta relación de lo viviente con lo vivo llega a la conciencia. En este sentido, esta idea sería esencial al hombre de todos los tiempos, por ello dice el autor: «No temamos ver en la *Fábrica* de Vesalio no solo un documento capital para la historia de la medicina sino un monumento de nuestra cultura» (Canguilhem, 1992: 22).

LA RUPTURA GALILEANA

Pero el mundo de la semejanza tendrá su fin en el siglo XVII. Como lo expresa Koyré: «Siempre que baste una recopilación de hechos y una acumulación de saber, siempre que no se necesite una teoría, el siglo XVI produjo cosas maravillosas» (Koyré, 1978: 43). Colecciones de plantas, de minerales, catálogos, libros bellamente ilustrados. Pero también viajes, que alimentan la curiosidad y muestran la variedad

de las cosas alrededor del mundo; las circunnavegaciones alrededor de África y alrededor del mundo, por ejemplo. Pero lo que falta es un sistema clasificatorio. El Renacimiento es fundamentalmente un renacer en las artes y en las letras, no tanto en la ciencia. La episteme dominante obturaba la posibilidad de producción de un saber que no fuera pura interpretación de signos ocultos en la naturaleza. El juego de las similitudes como factor absoluto será desplazado por comparaciones que conduzcan a establecer también las diferencias. El orden y la medida serán los elementos a tener en cuenta para producir este cambio. La medida permite establecer unidades de referencia comunes, y el orden, definir identidades y diferencias. Un orden que no será ya dictado por el mundo, sino por el pensamiento, y que irá de lo simple a lo complejo, según Foucault (1985: 61).

Toda esta transformación producirá lo que se conoce como «racionalismo» o la entrada de la naturaleza en el orden científico. Un orden en el que primará la lengua matemática. Como lo muestra Jean Pierre Vernant, la lógica del número y de la cantidad está presente en la razón experimental (Vernant, 2002: 79). Mientras que en el Renacimiento importaba la experiencia común, en el siglo XVII se introduce la experimentación en la práctica científica; no solo se observa sino que se problematiza. Y esto es uno de los aspectos que hará que Galileo no pueda ser considerado un renacentista. Al respecto dice Koyré:

Galileo sabe que la experiencia —o si puedo permitirme emplear la palabra latina, el *experimentum*, para oponerlo justamente a la experiencia común, a la que no es más que observación— que el *experimentum* se prepara, que el *experimentum* es una pregunta hecha a la naturaleza, una pregunta hecha en un lenguaje muy especial, en el lenguaje geométrico y matemático; sabe que no basta observar lo que existe, lo que se presenta normal y naturalmente a los ojos, que hay que saber formular la pregunta y que además hay que saber descifrar y comprender la respuesta, es decir, aplicar al *experimentum* las leyes estrictas de la medida y la interpretación matemática (1978: 50).

Se ha discutido si en Galileo primaba la teoría o la práctica. Ciertamente él creía que la naturaleza hablaba el lenguaje geométrico y matemático, de manera que era necesario aprender dicho lenguaje para poder entender el funcionamiento del universo. No era que Galileo ignorara la observación sino que tomaba las observaciones para preparar los experimentos. Un ejemplo notable de este método es el descubrimiento de la isocronía del péndulo (Pardo de Santayana, 1977: 19-20). Observando una lámpara que oscilaba en la Catedral de Pisa, le pareció que esta tardaba el mismo tiempo en ir de un extremo al otro. Se puso el dedo en la muñeca y contó las pulsaciones. De esta manera comprobó que cada oscilación duraba el mismo número de pulsaciones. Luego ató dos bolas a dos cuerdas, empujándolas a distancias distintas y pudo comprobar que los dos péndulos realizaban igual número de oscilaciones en el mismo intervalo de tiempo. Se descubrieron así las leyes del isocronismo de las pequeñas oscilaciones.

El método que empleaba Galileo consistía entonces en realizar primero una observación directa con los sentidos. Después formulaba una hipótesis. Posteriormente diseñaba el experimento que reproduciría los elementos esenciales del fenómeno. La complicada lámpara fue sustituida por cuerpos simples, en este caso bolas redondas de características similares. Luego de haber constatado en condiciones controladas el resultado, podía concluir que su hipótesis era válida (Pardo de Santayana, 1977: 20).

Siguiendo el texto citado, si bien los griegos ya habían realizado experimentos, Galileo fue el primero en experimentar con el movimiento. Publicó un libro llamado *La Bilancetta* (la Balancilla), lo que hoy se conoce como balanza hidrostática. En el libro se narra la historia de Arquímedes cuando fue consultado por Hieron, tirano de Sicilia, para que determinara si su corona era de oro o tenía mezcla de plata. Arquímedes hizo sumergir la corona en un recipiente lleno de agua hasta el borde y midió la cantidad de agua derramada por la inmersión de la corona. Luego introdujo el mismo peso de la corona en oro puro, comprobando que el volumen derramado por la corona

era mayor. Si ambos objetos pesaban lo mismo, entonces la corona no podía ser de oro puro, tenía que tener mezcla de plata de menor peso que el oro. Con el fin de medir la densidad precisa de cada metal, Galileo construyó la *Bilancetta*. Este instrumento era un perfeccionamiento de otros instrumentos basados en el principio de Arquímedes, según el cual un cuerpo sumergido en un líquido recibe un impulso hacia arriba igual al peso del agua que desaloja. *La Bilancetta* fue escrita en italiano, probablemente pensando en que los artesanos florentinos pudieran tener acceso a la obra y les fuese útil (Pardo de Santayana, 1977:21-24).

Koyré (1978), sostiene que los instrumentos contruidos por Galileo son los primeros instrumentos verdaderamente científicos, pues aunque antes que él ya existían instrumentos como los fabricados por Tycho Brahe, estos eran todavía herramientas de observación o de medida.

En cambio, tanto el péndulo como el telescopio son verdaderas encarnaciones de la teoría (Koyré, 1978: 50). Una explicación más precisa a este respecto la encontramos en el artículo que Canguilhem escribe en la conmemoración de los 400 años del nacimiento de Galileo:

El *Sidereus Nuncius* obtenía sus pruebas de la utilización especulativa de un aparato óptico, el *perspicillum*, el lente de aumento. La invención del telescopio, en el sentido técnico, ha sido adjudicada a diferentes orígenes. Pero la invención del uso teórico del invento técnico pertenece a Galileo. He aquí pues el *primer instrumento de conocimiento científico* (1992: 28).

El *Sidereus Nuncius*, publicado en 1610 y preparado durante años a la espera de suficientes pruebas físicas, anunciaba que Aristóteles se había equivocado y que Copérnico tenía la razón. Galileo se había trazado

como misión demostrar que el heliocentrismo era una verdad física y no una hipótesis de matemático, como se sostenía en el prefacio que había escrito Osiander para atenuar el efecto entre los filósofos y los teólogos.

A diferencia de Galileo, Kepler sigue siendo renacentista. Según Koyré, el acierto de Kepler está en considerar que las mismas leyes rigen al universo y que estas leyes son estrictamente matemáticas; pero al mismo tiempo, el hecho de concebir un mundo tan ordenado no le permitía admitir la idea de un universo infinito; además de continuar siendo fiel a algunas ideas aristotélicas como la que dice que el reposo no necesita ser explicado, y que en cambio el movimiento necesita una explicación y una fuerza. Por esto, según Koyré, Kepler no puede llegar a concebir la ley de la inercia. Además, el mundo de Kepler estaría limitado por la bóveda estelar situada alrededor de la cavidad de nuestro sistema solar (Koyré, 1978: 48).

Muy al contrario, Galileo considera que el universo no está limitado por la bóveda celeste y que el movimiento es una entidad o un estado tan estable como el reposo. De tal manera que no es necesaria una fuerza para explicar el movimiento de un móvil. Es por esto que se separa del aristotelismo. Su interés en reducir lo real a lo geométrico, lo lleva a identificar el espacio físico con el de la geometría euclidiana y a sentar las bases conceptuales del movimiento para el desarrollo de la dinámica clásica. Mientras que para Aristóteles existen las cuatro causas: material, formal, eficiente y final, Galileo consideraba que no es necesario buscar las causas del movimiento sino solamente las causas de la variación del movimiento. Entonces el movimiento es un estado de las cosas que se conserva indefinidamente. Para Canguilhem (1992: 28), esta es la novedad radical, revolucionaria, que introdujo Galileo en física, *la primera invariante científica de expresión matemática*.

Digamos, para concluir, que las conmemoraciones científicas pueden ser la ocasión para recordar que

el proceso histórico de configuración de la ciencia ha significado verdaderas revoluciones en el pensamiento. Que la ciencia avanza superando los obstáculos a los que una época se aferra con obstinación. Canguilhem comenta acerca del legado de Galileo como hombre, que:

La lección del hombre es la de haber subordinado su vida a la conciencia que tenía del sentido de su obra. Afirmándose en aportar pruebas si se le daba tiempo, Galileo tenía clara conciencia del poder de su método, pero asumía para él, en su existencia de hombre una tarea infinita de medida y de coordinación de experiencias que exige el tiempo de la humanidad como sujeto infinito de saber. Actualmente sabemos que esta intuición de la fecundidad de la física matemática era profundamente justa. La ciencia de la naturaleza es progresiva, uno lo que Galileo elevó a la dignidad de ciencia: las matemáticas y la instrumentación; la ciencia de la naturaleza crea, por ruptura con su pasado, a imagen de la ruptura galileana, pero sucesivamente renovada, un Nuevo Espíritu Científico (1992:34)

BIBLIOGRAFÍA

- Bachelard, G. (1981). *La formación del espíritu científico*, (9 ed.). Bogotá: Siglo XXI.
- Canguilhem, G. (1992). *Estudios de Historia y de Filosofía de las Ciencias*. Medellín: CINDEC.
- Drake, S. (1983). *Galileo*. Madrid: Alianza Editorial.
- Foucault, M. (1985). *Las palabras y las cosas*. Barcelona: Planeta-Agostini.
- Koyré, A. (1978). La aportación científica del renacimiento. En A. Koyré, *Estudios de historia del pensamiento científico*. México: Siglo XXI.
- Montoya, J. W. (2004). Aproximación al concepto analogía en la obra de Gilbert Simondon. (Eafit, Ed.) *Coherencia*, 1, 31-50.

Pardo de Santayana, J. (1977). Galileo Galilei. (Biografía. Col. *Caminos Abiertos por*). Madrid: Editorial Hernando.

Simondon, G. (2008). *El modo de existencia de los objetos técnicos*. Buenos Aires: Prometeo Libros.

Simondon, G. (2009). *La individuación a la luz de las nociones de forma y de información*. Buenos Aires: Ediciones La Cebra y Editorial Cactus.

Vernant, J. P. (2002). *Entre mito y política*. México: Fondo de Cultura Económica.