

LOS INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS Y LA IMAGEN DEL MUNDO EL CASO DEL TERMÓMETRO EN GALILEO Y R. FLUDD

Inmaculada Perdomo

El peso, la dureza, la temperatura y otros contrarios perceptibles son cuantificables, pero eso no se encuentra implícito en esas cualidades ni en la naturaleza de la mente humana(...). Son condiciones y no colecciones; y, peor aún, con frecuencia son cambios fluidos. No podemos contarlos como son; tenemos que verlos con el ojo de nuestra mente, cuantificarlos por decreto y luego contar los cuantos. (...) Pero la dureza, el calor, la velocidad, la aceleración...¿Cómo diablos cuantificaríamos estas cosas?'

1 ¿Cómo y qué medir?

El hábito de la medición ya respondía desde hacía algún tiempo a las necesidades de las artes prácticas: la aplicación de la geometría y los cánones de proporciones al mundo de la pintura naturalista renacentista, a la escultura y arquitectura neoclásicas, había creado un arte de formas perfectas, de componentes perfectamente medidos, de cánones repetibles, de perspectivas trazadas con la ayuda de las matemáticas. De esta práctica se benefician también las artes militares que aplicaban el arte de la medida tanto al diseño e implantación de un fortín militar como a la trayectoria de una bala de cañón y les permitía plantear el complejo problema de establecer con qué intensidad debía ser lanzada para alcanzar su objetivo. Y el impulso a las

¹ Alfred W. Crosby, (1998), 23.

técnicas de navegación a través de la cartografía, o el diseño de multitud de máquinas, de ingenios mecánicos que reproducían los movimientos naturales o que facilitaban las tareas en los más variados oficios, entre otros muchos ámbitos, ilustran a modo de pequeña introducción la plasmación de un ideal que situamos a la base de nuestra ciencia moderna, el ideal de la precisión como requisito imprescindible para lograr el control y el conocimiento de los procesos naturales. La precisión cuantitativa sustituye definitivamente a la certeza lógica como el ideal cognoscitivo y la metodología adecuada para acceder a los secretos de la naturaleza.

La aplicación de las matemáticas a la naturaleza suponía, sin embargo, en primer lugar, una exploración de aquello que podía ser medido, lo cual requería, a su vez, alguna concepción acerca de lo existente y lo que es más importante, la posibilidad de transformar las ideas básicas acerca de lo existente a través de la búsqueda de un método de sometimiento de tal cualidad al proceso de la medición. En otras palabras, el éxito de tal empresa requiere de la imaginación creadora de instrumentos científicos que permitan realizar esas mediciones de forma precisa, y de sistemas de escalas y unidades mediante las que ordenar los resultados e interpretarlos. En tal proceso las ideas básicas acerca de las propiedades naturales pueden cambiar radicalmente.

La invención del termómetro ilustra estas pequeñas notas introductorias. En manos de los galileanos, primero el termoscopio y luego el termómetro, el proceso de medición de la temperatura supuso prácticamente² la inauguración de una concepción lineal o escalar del comportamiento de la propiedad a medir, en contra de lo supuesto por la tradición aristotélica en la que las cualidades o propiedades de las cosas existen como pares de contrarios³ que aunque varíen en intensidad, tal como pueden mostrarnos nuestras más elementales experiencias sobre ellas, no son cuantificables ya que los cambios de cualidad y los cambios de cantidad no son ideas que puedan combinarse, posición a la que se suman también las concepciones herméticas y alquimistas. La representación de esta concepción de los contrarios frío-calor queda perfectamente ilustrada en el caso del termómetro de R. Fludd.

² Respecto a algunas propiedades los Calculadores de Oxford, en el siglo XIV, inauguran esta concepción lineal de la medición de una propiedad física superando el tradicional hiato aristotélico entre cantidad y cualidad. A partir de la crítica de Occam y su consideración de que la intensidad de una cualidad puede ser medida en grados numéricos, desarrollaron el método tratando de expresar los grados en que aumenta o disminuye una cualidad respecto a una escala fijada previamente y lo aplicaron al problema del movimiento local, al calor, etc. Sin embargo, estos trabajos son puramente teóricos, y eso hace que se les considere en gran medida aún, medievales. Véase el tratamiento del problema de la intensificación y disminución de formas y cualidades en Jesús Sánchez (2001), 72 y ss.

³ Sobre este punto véase A. C. Crombie (1994), 522 y ss. Tomo I.

2 Acerca de la co-invencción del termómetro

Existe cierto consenso entre los historiadores de la ciencia⁴ acerca de la falsedad de la afirmación en 1654 de Vincenzo Viviani, biógrafo de Galileo, de que su maestro había descubierto los termómetros, “instrumentos de cristal, con agua y aire, para distinguir cambios de calor y frío y la variación de temperatura de los lugares...” en los primeros años de su estancia en Padua (1592-1610), aunque tampoco puede afirmarse con rotundidad que no lo hiciera.⁵ Sagredo, discípulo veneciano de Galileo, envía a Galileo en 1612 una descripción del termómetro de aire ideado por Santorio, en ella no hay ninguna referencia acerca de que la idea fuese original de su maestro, pero en una carta posterior, en 1613, sí se encuentra una atribución tal. Parecería⁶ que, entre un año y otro, Galileo hubiese enviado alguna nota a Sagredo, aunque no haya sobrevivido, donde Galileo pudiera haber afirmado que él había inventado el termómetro.

El asunto se complica aún más si tenemos en cuenta que Benedetto Castelli, discípulo aventajado de Galileo, experto en hidrodinámica, envía una carta a Cesarini el 20 de Septiembre de 1638 donde atribuye tal invento a su maestro. Vale la pena reproducirla ya que constituye la descripción más exacta de lo que, en rigor, es llamado termoscopio:

Recuerdo un experimento que me mostró, hace cerca de treinta años, nuestro maestro Galileo. Cogió un frasco de cristal del tamaño y forma de un pequeño huevo de gallina con un cuello de cerca de dos palmos de longitud y tan estrecho como un tallo de trigo, y habiendo calentado bien el frasco en sus manos, giró hacia abajo el extremo abierto y lo introdujo en una vasija colocada debajo que contenía un poco de agua. Cuando retiró el calor de sus manos del tarro de cristal, el agua comenzó a subir por el cuello y escaló algo más de un palmo por encima del nivel del agua de la vasija. El señor Galileo hizo uso de este efecto para construir un instrumento para examinar los grados de calor y frío.⁷

El relato sitúa la experiencia en 1603, y esto coincidiría con la afirmación de Viviani de que Galileo habría inventado el instrumento en el periodo paduano y lo extraño sería explicar cómo Sagredo en 1612 envía la des-

⁴ En particular, A. C. Crombie, (1994), 523.

⁵ Tal tesis se encuentra en F. Sherwood Taylor (1942), 129-156. Afirma que no parece improbable que Galileo, Santorio, Fludd y Drebbel inventaran el termómetro de forma independiente: “Galileo parece haber sido el primer inventor, en algún momento del periodo comprendido entre 1592 y 1603, mientras que Santorio proporciona el primer documento escrito, publicado o inédito, que relata el invento en 1611. Drebbel puede haber inventado el termómetro ‘two-bulbed’ entre los años 1598 y 1622 y Fludd parece haber modificado el aparato de Philo, construyendo el ‘weather-glass’, entre 1617 y 1626”.

⁶ Esta es la explicación que ofrece Taylor (1942), 141.

⁷ Traduzco al castellano el contenido de esta carta a partir de la versión inglesa reproducida en Taylor (1942), 142.

cripción del instrumento de Santorio⁸ como si por primera vez se tuviera noticia de tal invento. En cualquier caso, otros historiadores como Ludovico Geymonat sí dan por sentada esta cuestión: “Siempre en estos mismos años Galileo se ocupó también de fenómenos térmicos, inventando un aparato para medir la temperatura”.⁹ Se refiere Geymonat precisamente, al periodo paduano galileano donde los intereses por todo tipo de fenómenos novedosos como el magnetismo, los fenómenos eléctricos y los ópticos, entre otros, coincide con la curiosidad mostrada en las cortes europeas y el deseo de coleccionar objetos relacionados con la indagación científica de la naturaleza. Sabemos, además, que en este periodo Galileo hace gala de gran inventiva instrumental; ideó su “compás geométrico-militar” y alrededor de 1609 comenzó a fabricar su famoso antejo.¹⁰

Lo que no es menos cierto, sin embargo, es la ausencia de referencias directas del propio Galileo acerca de este instrumento científico, su descripción o su uso, aunque no sobre los fenómenos térmicos y el comportamiento del aire y el agua calientes y la posible existencia de los *átomos ígneos*, sobre los que sí especuló y sobre lo cual volveremos más adelante. Es realmente curiosa y desoladora tal ausencia, dada la importancia que concederá Galileo a los instrumentos científicos no sólo como potenciadores de nuestros débiles sentidos, sino como la ayuda inestimable para reproducir o ‘construir’ las experiencias de la forma adecuada con el objeto de reducir al orden matemático las propiedades naturales.

Aunque la experiencia en la que se basa la construcción de uno de los termómetros galileanos más conocidos sí se relata en los *Discorsi*:

...os diré que efecto semejante puede obtenerse, no solamente aumentando su densidad mezclando el agua con alguna sustancia más pesada, sino también calentándola y enfriándola tan sólo un poco; con una operación tan mínima como es el infundir cuatro gotas de otra agua un poco más caliente o un poco más fría en seis libras de agua se conseguirá que la bola suba o baje. La bola descenderá si se ha echado agua más caliente y subirá si la infusión ha sido de más fría.¹¹

El tipo de termómetro (*‘Termometro lento’* o *‘Slow Thermometer’*) diseñado a partir de la información proporcionada por estas experiencias galileanas, esto es, que a medida que aumenta la temperatura en un líquido su flotabilidad decrece, consiste en un tubo de cristal cerrado en cuyo interior se incluyen esferas de cristal con diferentes contrapesos perfectamente calibra-

⁸ Santorio Santorii publica en 1611 una descripción y los usos posibles del termoscopio en la fisiología y ofrece una gran variedad de prototipos adaptados a la medición de la temperatura en diferentes partes del cuerpo humano. Las ilustraciones pueden encontrarse en Taylor (1942), 137-140.

⁹ Ludovico Geymonat (1986), 34-35.

¹⁰ Ibid., 32-34

¹¹ Galileo Galilei, (1638). Edición española de Carlos Solís y Javier Sádaba (1981), 159.

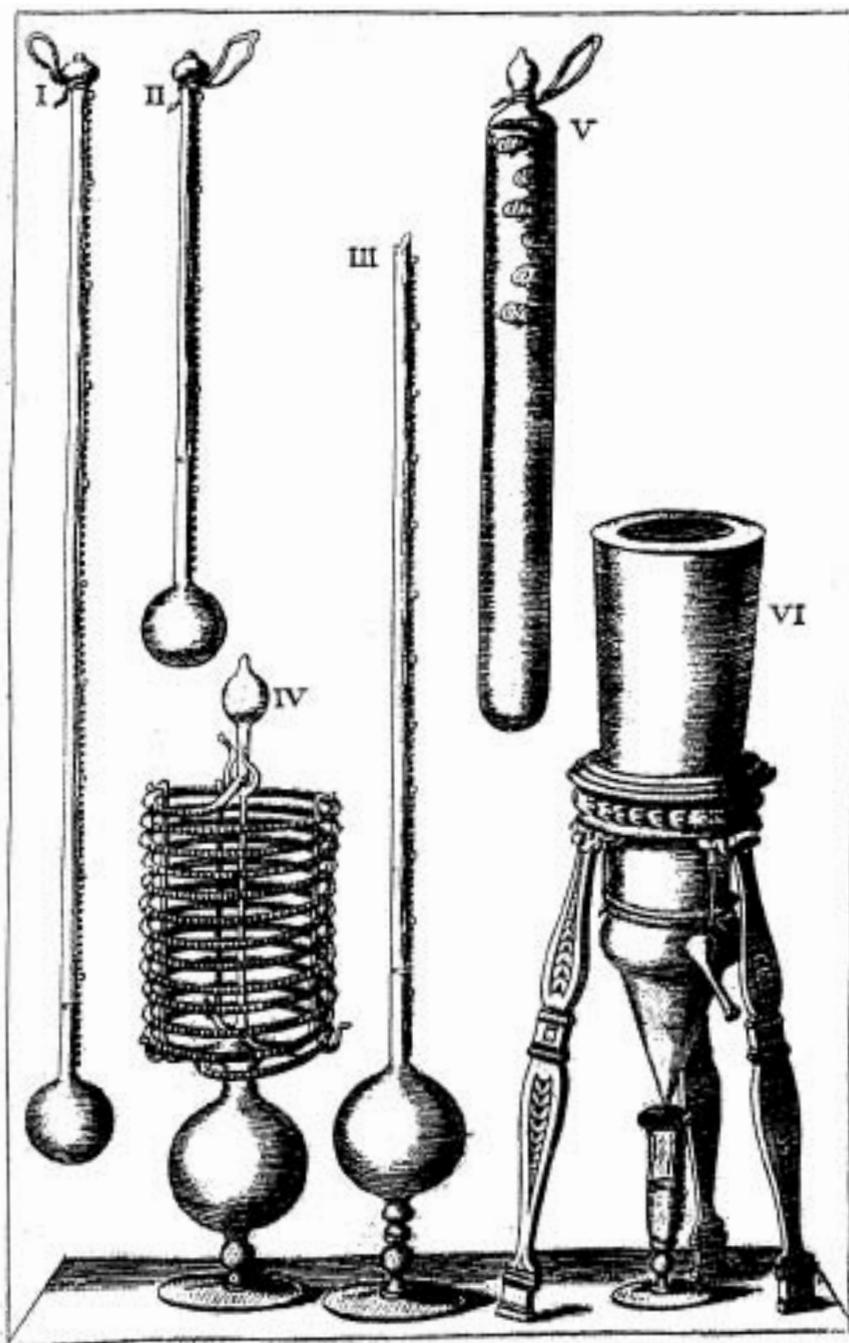


Fig. 1. Instrumentos de la Academia del Cimento. (Catálogo del IMSS-Florenca)

dos y que en un líquido sensible al calor como, por ejemplo, el alcohol estas esferas ascienden o descienden hallando su punto de equilibrio dependiendo de la temperatura del agua y sus propios contrapesos¹². Estos termómetros cerrados constituyeron curiosos instrumentos de medición de la temperatura y no estaban afectados por la variación de la presión atmosférica como ocurría con los termoscopios.

Para Robert Fludd,¹³ otro de los co-inventores del termómetro, según las evidencias históricas ofrecidas por Sherwood Taylor,¹⁴ los *usos vulgares* del termómetro no eran el centro de su atención. Tampoco consideraba que él hubiese inventado este instrumento. Más en consonancia con las características de una concepción hermético-cabalística y alquímica, decía que había encontrado una descripción de tal instrumento en un manuscrito de más de quinientos años de antigüedad. Debía referirse R. Fludd a alguna descripción del termoscopio de Filón de Bizancio o Herón de Alejandría, pero lo cierto es que las novedades que introduce, además de sus usos, le hacen valedor del mérito de la co-inventión. El termómetro es prácticamente igual al aparato descrito por Castelli, aunque R. Fludd propone, además, una escala de gradación totalmente original, una escala de doce grados numerada del siete al uno y nuevamente hasta el siete proporcionando, así, una escala de grados de calor y grados de frío que lo convertían en un buen instrumento de medición y predicción e indicador de las condiciones atmosféricas.

Discutió, gracias a él, la determinación de la temperatura de la atmósfera, la predicción del tiempo, e incluso tratará de adaptar el termómetro para su uso en la obtención de la temperatura correcta en los hornos químicos. Deseoso además de comunicar los beneficios de su instrumento a los demás, construye prototipos manejables y comprensibles, recomendando que el agua contenida en la vasija fuera coloreada para que el efecto resultase más visible.

¹² Estos primeros termómetros cerrados fueron desarrollados por la *Accademia del Cimento* en Florencia alrededor de 1650. Los académicos experimentaron también con mercurio pero durante más de un siglo se prefirió seguir usando el alcohol dada su mayor sensibilidad al calor. Estos aparatos eran calibrados con un termómetro estándar aunque se comenzó también a diseñar una escala basada en puntos fijos. Robert Hooke, Christian Huygens y Edme Mariotte, entre otros, contribuyeron también al refinamiento del instrumento en el marco de sus respectivas sociedades científicas. Posteriormente, D. Fahrenheit diseñó la escala basada en dos puntos fijos, desarrollada también por A. Celsius y en 1776 la *Royal Society* establece los métodos más apropiados para ajustar los termómetros, procedimientos que siguieron a la base de la construcción de estos clásicos y curiosos instrumentos con los que se interrogó a la naturaleza.

¹³ Para un estudio más profundo de Robert Fludd, la filosofía hermética y alquímica y sus relaciones con la nueva filosofía natural ver el magnífico estudio de Allen G. Debus (1987). Robert Fludd (1574-1651) es miembro del *Royal College of Physicians* de Inglaterra, es contemporáneo y amigo personal de William Harvey y Thomas Willis, los más famosos físicos de la época. Ávido estudioso de los textos herméticos, neoplatónicos y paracélicos publica una inmensa obra entre la que destacan *Utriusque Cosmi Historia*, en 1617, *Meteorologica Cosmica*, en 1626, y *Philosophia Moysaica*, en 1638.

¹⁴ F. Sherwood Taylor (1942), 143.



Fig. 2. Termómetro de R. Fludd. (Debus, 1987)

Pero estos eran para R. Fludd los usos vulgares del termómetro. Lo cierto es que él creía que había encontrado una prueba experimental de su teoría cósmica, al tiempo que un arma retórica o metafórica perfecta para convencer a los demás de tales verdades.

3 El termómetro y las imágenes del mundo

En las obras de R. Fludd se presenta un intento de comprensión total y unitaria del macromundo y el micromundo, una filosofía natural completa que pretendía reemplazar las enseñanzas de los antiguos al tiempo que competía con los filósofos que hacían uso de las *matemáticas vulgares*, preocupándose por las “sombras cuantitativas”, por las “propiedades externas y contingentes” y no por “penetrar en las esencias de las cosas”.¹⁵

Para obtener esa comprensión total era esencial comenzar con las verdades del momento de la creación, conocer la materia con que fue creado el mundo, los verdaderos elementos y los principios a partir de lo cual deriva todo lo material. Luz, oscuridad y agua son esos principios. El “espíritu divino” es la causa del movimiento y la vida y los opuestos vida-muerte, luz-oscuridad, atracción-repulsión, calor-frío y expansión-contracción conforman el universo. El termómetro expresa estas leyes básicas del universo. La Creación es descrita como la acción de la luz divina sobre un primer caos. El calor de esa luz contrasta con el frío del caos y sus propiedades asociadas de expansión y contracción crean el cielo y la tierra. Una vez creado, Dios actúa en el mundo a través de la atmósfera donde se encuentra el “espíritu vital”, y el estudio de los fenómenos atmosféricos reflejan de nuevo la dialéctica calor-frío del que todo surgió. Estas verdades no sólo son representadas con la ayuda del termómetro sino que R. Fludd considera que precisamente el funcionamiento del termómetro es la *demostración* de estas verdades.

En manos de Galileo y la escuela galileana los instrumentos científicos se convirtieron en la pieza metodológica básica para mostrar, estudiar, repetir y medir experiencias, los notables efectos naturales, y para combatir, en

¹⁵ Una reconstrucción de la polémica entre los nuevos filósofos matemáticos y los herméticos, y el papel de las matemáticas en la exploración de la naturaleza, polémica protagonizada por Kepler y R. Fludd, se encuentra en Márta Fehér (1995), 16 y ss. Y también en B. P. Copenhagen (1990), 261-301. Kepler creía que él basaba sus ideas en la certidumbre matemática, mientras que R. Fludd *estaba perdido en un mundo soñado de simbolismo hermético*. (Debus, 1998, 75). Una serie de réplicas y contrarréplicas se suceden también con Mersenne y Gassendi donde se discute acerca del relevante papel de las matemáticas como el instrumento adecuado en todas las ramas del conocimiento, y abogaban por la progresiva eliminación de los aspectos religiosos y teológicos del mundo de la química. Pero justo estos aspectos eran los que destacaba R. Fludd en sus escritos ya que consideraba que lo natural y lo sobrenatural conformaban una unidad entendible desde los procedimientos e interpretaciones de la alquimia. Precisamente esta unidad se había demostrado en 1628 cuando W. Harvey anuncia el descubrimiento de la circulación de la sangre. R. Fludd cree que el circuito continuo de la sangre en el cuerpo alrededor del corazón es un caso análogo de la circulación de los cielos alrededor del sol y, por ello, apoya públicamente a Harvey lo que hace que Mersenne crea que es un discípulo de R. Fludd. La curiosa combinación de tradición y modernidad en todos los autores ya sean los filósofos matemáticos o los herméticos muestra que todos los tradicionales análisis dicotomizadores entre la nueva ciencia racional y antiguos marcos irracionales proporcionó una imagen de la ciencia poco respetuosa con la complejidad de estos debates.

gran medida, las afirmaciones ‘infundadas’ de los esquemas herméticos como el representado por R. Fludd, que hablaban de influencias a distancia y que hacían gala de una excesiva imaginación ideando todo tipo de correspondencias y significados profundos en nombre de un gran orden cósmico.

Es cierto también que la relación empírica que pretende establecerse como adecuada o verdadera a través de la aplicación o con la ayuda de un instrumento científico, no puede pensarse como una simple e ingenua relación objetiva. Para aclarar este punto conviene primero establecer una taxonomía de los instrumentos científicos, que de cuenta de la diferencia existente entre lo que constituye meramente un instrumento de precisión como los *instrumentos matemáticos*, y los *instrumentos ópticos*, que permiten ver los objetos existentes a los que nuestra débil visión no accede, pero donde lo que se “ve” se “interpreta de un modo que depende tanto de la teoría en la que se sustenta la construcción del aparato como de la teoría en cuyo marco se opta por explicar las nuevas observaciones”¹⁶ y, algo más complejos, los *instrumentos filosóficos* que suponen la modificación de las condiciones bajo las que se manifiesta la naturaleza, fenómenos que, además, en estos momentos están sometidos a discusión como es el caso del vacío, los átomos, la naturaleza del calor, la existencia de la presión atmosférica, etc.¹⁷

Así, en el “marco de una recién estrenada manera de interrogar a la naturaleza que debía ser pública y acreditada”¹⁸ los notables efectos observados gracias a ellos constituirán el tribunal de la resolución última de tales discusiones. Aunque las cosas no son tan sencillas si el propio instrumento está “cargado de teoría”, si, como en el caso que nos ocupa, lo observado a través de él es interpretado como un efecto del comportamiento inobservable de los átomos, si bien, finalmente, las dificultades para afirmar tal cuestión fueran insuperables.

Galileo había desarrollado una teoría especulativa acerca del calor¹⁹ según la cual éste era causado por átomos de fuego (*atomi ignei*) que penetraban de forma más o menos rápida en los cuerpos y los calentaba. Esto implicaba necesariamente la existencia de intersticios vacíos para permitir el movimiento de esos átomos. Pero al mismo tiempo, “si se

¹⁶ Ana Rioja y Javier Ordóñez (1999), 18-21.

¹⁷ Otra taxonomía interesante es la proporcionada por A. C. Crombie quien incluye entre los instrumentos filosóficos a aquellos que extendieron los sentidos y las dimensiones del mundo fenoménico como el telescopio y el microscopio, a los que posibilitaron la identificación de nuevas propiedades medibles, como el barómetro, a los que permitieron nuevas formas de análisis y recogida de nuevos tipos de materia como los gases, los instrumentos inventados por los artesanos y luego adaptados y perfeccionados por los filósofos naturales, los que permitieron medir el tiempo, y aquellos otros que, como el termómetro, fueron producto de la filosofía natural misma. (Crombie, 1994, 525-526.)

¹⁸ Ana Rioja y Javier Ordóñez (1999), 20.

¹⁹ Expuesta en *Il Saggiatore* en 1623. He acudido a la selección de textos presentada por Víctor Navarro (1991), 111-117.

interpretaba que un cuerpo estaba compuesto por un grandísimo número de partículas mínimas materiales, y si debía admitirse un principio de impenetrabilidad entre esas partículas (para explicar la cohesión interna de los cuerpos), entonces el fenómeno de la condensación resultaba difícil de explicar”.²⁰

Reconocía Galileo que se trataba de uno de los puntos más débiles para una física de los átomos y que los fenómenos de la rarefacción y condensación constituían una de las cuestiones más difíciles de la naturaleza.²¹

Sagredo define bien el problema al que se enfrenta una teoría tal al reconocer que si bien podía suponerse que el calor penetraba en el frasco de cristal y empujaba el aire hacia abajo y, por lo tanto, también al agua en el tubo y que esta era la razón, la idea más atractiva e ingeniosa en la que podía basarse el funcionamiento de este instrumento, e incluso se atrevía a decir que la causa verdadera, no era menos cierto que en absoluto era observacionalmente evidente tal cuestión, ni podría ser probado tampoco en base a la mera evidencia observacional, a los efectos observados en el funcionamiento del instrumento.²²

4 De la física especulativa a la mecánica arquimediana.

La resolución del problema se advierte al transformar un difícil problema de física especulativa en una cuestión mecánica: “De la misma manera que cuando el agua caliente se enfría por accidente con un *movimiento* simple hacia la frialdad, y el movimiento desde el calor a templado no es diferente del movimiento de templado a frío, así sucede también cuando un cuerpo se *mueve* en un simple y continuo movimiento desde la ligereza a la pesadez”.²³ Y de la misma manera que todo cuerpo es grave, de la misma manera que el reposo no es más que un infinito grado de lentitud, así también el frío no es más que la privación de grados de calor y como estos efectos así concebidos no pueden ya ser considerados como contrarios, una misma causa ha de producirlos, ya que sólo efectos contrarios dependen de causas contrarias.

Asistimos así, a la transformación más completa de una teoría basada en las cualidades contrarias a la posibilidad de diseñar escalas cuantitativas lineales que permiten visualizar el efecto de la gravedad y demostrar geométricamente que los grados de velocidad están en proporción a las distancias recorridas y los tiempos transcurridos, o que la temperatura puede

²⁰ Pietro Redondi (1990), 26-27.

²¹ Lo afirma Galileo en su obra *Il Saggiatore*. Recojo la anotación de Pietro Redondi (1990), 27.

²² Véase A. C. Crombie (1994), 525.

²³ *Ibid*, 523.

visualizarse a través de un instrumento que muestre los grados de calor como un proceso de más o menos proporcional a la mayor o menor condensación o rarefacción del aire contenido en el tarro de cristal, mostrada a su vez por la variación de la altura de la columna de agua independientemente de cuál sea la naturaleza última del calor.

La ciencia moderna procederá a conocer los diferentes efectos donde se manifiesta la presencia de este complicado fenómeno, tratará de establecer relaciones sencillas, cuantificables, limitará la investigación a los aspectos medibles y manipulables experimentalmente de la cuestión. Y a diferencia de los esquemas cognoscitivos tradicionales o herméticos los cuales decidían cómo debía funcionar el mundo según ideas preferidas heredadas y magnificadas y luego adaptaban lo que observaban a sus principios preconcebidos, los galileanos nos enseñan que los primeros principios sólo deben proceder de la experiencia, una experiencia que, sin embargo, debe ser construida, ‘atrapada’, con la ayuda de los instrumentos científicos puesto que estos difíciles fenómenos naturales escapan al control de nuestros débiles sentidos y, en gran medida, también a la posibilidad de aprehenderlos por medio de la razón. Esta construcción de la experiencia es *refinada, alejada del sentido común, y lo que es más importante, la naturaleza queda reducida a términos puramente cuantitativos commensurables con las matemáticas*.²⁴ Y la conclusión no puede ser otra que por más atrayentes que fueran las ideas acerca de las constituciones últimas, en la práctica, el arte experimental racional y no alguna visión comprensiva y completa de las verdaderas esencias naturales, fue el arte que condujo a la única ciencia posible de la naturaleza.

Referencias Bibliográficas

- Copenhaver, B. P., “Natural Magic, Hermetism, and Occultism” en D. Lindberg y R. Westman, *Reappraisals of the Scientific Revolution*, Cambridge Univ. Press, 1990.
- Crombie, A. C., *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition*. 3 Tomos. Duckworth, Londres, 1994.
- Crosby, A. W., *La medida de la realidad*. Crítica, Barcelona, 1998.
- Debus, A. G., *Chemistry, Alchemy and the New Philosophy, 1550-1700*. Variorum Reprints, Londres, 1987.
- Debus, A. G., “Chemists, Physicians, and Changing Perspectives on the Scientific Revolution”, *Isis*, (1998), vol.89, n°1, 66-81.
- Fehér, M. *Changing Tools. Case Studies in the History of Scientific Methodology*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1995.
- Galileo Galilei, *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. Editora Nacional, Madrid, 1981. Edición de Carlos Solís y Javier Sádaba.

²⁴ Véase el excelente estudio introductorio de Carlos Solís a la edición española de la obra de Galileo Galilei (1638), 23.

- Geymonat, L. *Galileo Galilei*. Nexos, Ediciones Península. Barcelona, 1986.
- Navarro, V., *Galileo*. Textos cardinales. Península. Barcelona, 1991.
- Redondi, P., *Galileo herético*. Alianza Universidad, Madrid, 1990.
- Rioja, A. y Ordóñez, J., *Teorías del Universo. De Galileo a Newton*. Vol. II. Editorial Síntesis, Madrid 1999.
- Sánchez, J., “Los experimentos imaginarios de Occam a Galileo”, en *Galileo y la gestación de la ciencia moderna*, Actas del Seminario Orotava de Historia de la Ciencia, año IX, editado por la Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias, Dirección General de ordenación e Innovación Educativa (col. Encuentros), Canarias, 2001, 63-80.
- Taylor, F. S., “The Origin of the Thermometer”, *Annals of Science*, (1942) vol. 5 n° 2, 129-156.

