Leonardo Ortiz Acuña (*)

Galileo y Descartes: la matematización de la física

Sinopsis: *Se problematiza la matematización, para mostrar que aunque Descartes desarrolla su pensamiento posteriormente a Galileo y que su desarrollo en matemáticas es más prolijo, su intento de matematizar la física no mejora el de Galileo, esto debido a sus métodos, que suponen un papel distinto para la metafísica.*

Palabras claves: *Descartes. Galileo. Matematización. Matematismo.*

Abstract: *We problematize the mathematization to show that, in spite of Descartes' posterior development of his thought and of his more important contribution to mathematics, his attempt of mathematize physics doesn't improve Galileo's mathematization because they apply different methods, methods which suppose a different role for the metaphysics.*

Key words: *Descartes. Galileo. Mathematization. Mathematism.*

Hacia el siglo VI de la edad antigua se da una revolución en el campo de la matemática liderada por las escuelas llamadas jónica y pitagórica, las cuales cimentaron la idea fundamental de la racionalidad del universo que hasta nuestros días sigue vigente en nuestra sensibilidad científica. No obstante, esta corriente de pensamiento no implicaba que las matemáticas fueran un instrumento para el conocimiento del mundo, sino que fue principalmente concebido como una disciplina que refería únicamente al ámbito de lo ideal, con lo que la matematización de las ciencias naturales (específicamente de la física) como la conocemos hoy en día se da posteriormente, y suele ver entre sus precursores tanto a René Descartes como a Galileo Galilei.

El presente ensayo problematiza esta matematización de la ciencia física, con el objetivo de mostrar que pese a que Descartes desarrolla su pensamiento posteriormente a Galileo (con conocimiento del trabajo de este), y que su desarrollo en matemáticas es más prolijo, este intento explícito de Descartes de matematizar la física (presentado en los *Principia philosophiæ)* no logra mejorar el trabajo de Galileo en lo que a la matematización respecta, esto debido a la diferencia de sus métodos, los cuales suponen un papel distinto para la metafísica en el desarrollo del conocimiento. Para esto, se comienza señalando la función que han tenido las matemáticas en la Antigüedad, de manera que se pueda comprender el contraste con la Modernidad respecto de la concepción de las matemáticas. Luego, se hará una descripción del aporte tanto de Descartes como de Galileo en este respecto, para posteriormente señalar, por medio del análisis de dos problemas que estos pensadores han tratado, las diferencias que me llevan a defender la tesis propuesta.

1. Las matemáticas en la Antigüedad

La concepción acerca de la naturaleza de los antiguos pitagóricos estaba fuertemente asociada con los números y las formas geométricas (Coronado, 2013b), es decir, con las armonías de tipo matemático, por lo que dedicaron gran parte de sus indagaciones a esta disciplina. Para los pitagóricos todo es número y todos los números proceden de la *Unidad*, y estos son pares e impares. Como nos explica Coronado (2013b), los números son arreglos numérico-geométricos que se fundan en la *Unidad* y la *Diada* (que en realidad no son números sino principios ontológicos), que por esta razón parten del número tres (conjunción de la Unidad y la Diada), el cual es considerado el número triangular. Conforme avanza la progresión numérica estos serán cuadrados, oblongos, rectangulares, hasta el punto de llegar a números más complejos que conformarían sólidos.

Por otra parte, al igual que los pitagóricos, Platón consideraba que la clave para el conocimiento del universo reside en el número y la forma (Scott, 1958). Para él, la deidad produce el mundo por medio de armonías matemáticas. El *Timeo* nos muestra dos órdenes distintos de mundo, uno que puede ser aprehendido por medio de la razón, ya que nunca cambia, que es necesario, y otro que es objeto de opinión unida a la sensación irracional. Según Cornford (1997), esto significa que el primero es aprehendido por medio de los argumentos discursivos de la *matemática* y la dialéctica los cuales confieren una segura y cimentada aprehensión de la verdad, mientras que el segundo es simplemente el mundo de las cosas percibidas por nuestros sentidos, el cual no nos confiere verdad alguna.

Así, el mundo de lo sensible es considerado algo que no es completamente real, sin embargo existe (Coronado, 2013a, 53), lo cual nos muestra una separación en la forma de concebir las matemáticas: Hodgkin (2005) señala que había una visión ampliamente extendida entre los griegos, según la cual, existe una matemática terrenal que se usa en la medición (de tierra por ejemplo) y para llevar cuentas –un uso técnico de la matemática–, y otra superior que es usada para otros propósitos. En Platón, específicamente, estas matemáticas son un ejercicio para alcanzar el mundo de las Ideas. Por esto, las matemáticas más reales son para él las más abstractas, por lo que los números ya no son números de cosas, sino que tienen una existencia independiente como objetos con los cuales se razona.

> Así: este estudio del que estamos hablando eleva notablemente el alma y la obliga a discurrir acerca de los Números en sí, sin permitir jamás que alguien discurra proponiendo números que cuentan con cuerpos visibles o tangibles (*República*, 525d).

Por esto, se puede decir que, así como Coronado (2013a) señala que para Platón una teoría física es solo una imitación de ciencia en la medida en que el mundo físico es una imitación del mundo de las Ideas, que las matemáticas terrenales serían una simple imitación de las matemáticas reales, que solo corresponden a las Ideas.

Aristóteles, siguiendo esta línea respecto de las matemáticas, consideró que los matemáticos miden las dimensiones solo después de eliminar todas las cualidades perceptibles,[1] por lo que la física aristotélica se centra en las cualidades y no en las cantidades, lo cual hace que los objetos físicos sean para él substancias y no objetos geométricos (Burtt, 1954). Como se puede observar en las *Categorías* aristotélicas, la cantidad, ya sea discreta o continua, es considerada como accidental respecto de los objetos físicos (Dutton, 1999), por lo que la cantidad no se considera realmente una propiedad constitutiva de las cosas.

En este sentido, Platón y Aristóteles defienden un planteamiento no metrológico, o incluso casi anti-metrológico, ya que no creían que nuestros cinco sentidos sean capaces de medir con exactitud la naturaleza (Crosby, 1998). Con esto, a pesar de que las matemáticas tienen ya una larga historia en Mesopotamia y Egipto, el surgimiento del Pitagorismo –el cual desencadena todo esta concepción acerca de las matemáticas– transforma el estudio de esta disciplina. En sus manos se convirtió en una disciplina más abstracta y más separada de las necesidades de la vida diaria (Scott, 1958).

2. La matematización de la física: Galileo y Descartes

En los *Principia philosophiæ* (parte II, sección 11), Descartes señala que existe una identidad entre el objeto de estudio geométrico (el espacio) y el objeto de estudio físico (la *res extensa*). Con esto los objetos físicos se transforman en una región del espacio tridimensional euclidiano. En este sentido, la substancia material no tiene por atributos más que los que son cuantificables. La intención de Descartes al realizar este movimiento es la de purificar la física de las cualidades psicológicas que suelen interferir en ella. Según Grosholz (1988), este es el proyecto de la ciencia moderna: conocer la naturaleza aparte de los accidentes de la percepción humana, con lo cual la matemática se convierte en la esencia de la materia. Por esta razón, la geometría de Descartes llega a ser el fundamento del proyecto de matematización. El uso exitoso de la geometría analítica introducido por Descartes presupone una correspondencia total entre el reino de los números y el reino de la geometría (es decir, del espacio):

> He [Descartes] perceived that the very nature of space or extension was such that its relations, however complicated, must always be expressible in algebraic formulae, and, conversely, that numerical truths (with certain powers) can be fully represented spatially (Burtt, 1954, p.106).[2]

Unido a esto, Descartes, en el *Discours de la méthode*, señala como tercera regla del método "conduire par ordre mes pensées, en commençant par les objets les plus simples et les plus assez à connaître" (Descartes, AT VI, 18), (3) es decir, parte de lo más simple encontrado en el anterior proceso de análisis (segunda regla del método) en orden a producir conocimiento. A estos elementos simples les llama *naturalezas simples*, las cuales son características últimas de objetos físicos, como la extensión y la figura, por lo que este mismo proceso de análisis en busca de las naturalezas simples debe ser aplicado al estudio de lo físico (Burtt, 1954).

Por esto, en la *Geometría,* Descartes toma las líneas rectas como estos elementos simples a los que se reducen todos los problemas de la geometría, y en ese sentido fundan el conocimiento de la *res extensa*:

> Tous les Problèmes de Géométrie se peuvent facilement réduire a tels termes, qu'il n'est besoin par après que de connaître la longueur de quelques lignes droites, pour les construire (Descartes, AT VI, 369).

Así, pues, la geometría se vuelve el punto de partida de su matematismo.

Previamente a esto, ya Galileo Galilei había retomado este concepto acerca de la naturaleza, de ahí su firme defensa de la importancia de las matemáticas para el entendimiento de la naturaleza, presente en *Il Saggiatore*, con la que Galileo nos dice que las matemáticas son un lenguaje que puede explicar todo lo real y no solo una abstracción:

> […] tal vez piensa que la filosofía es como las novelas, producto de la fantasía de un hombre, como por ejemplo la Ilíada o el Orlando furioso, donde lo menos importante es que aquello que en ellas se narra sea cierto. Sr. Sarsi, las cosas no son así. La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que tenemos abierto ante los ojos, quiero decir, el universo, pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua, a conocer los caracteres en los que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender ni una palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto (Galilei, 1981, p.63).[4]

Al igual que Descartes, Galileo pretende eliminar el problema de la percepción subjetiva del mundo, con lo que la aceptación de modelos matemáticos que no tienen relación con los hechos reales son para Galileo una especie de engaño que no se diferencia de "la introducción de las simpatías, antipatías, propiedades ocultas, influencias y otros términos usados por algunos filósofos" (Galilei, 1981, 86).

En ese sentido, el aporte de Galileo a las matemáticas no es un aporte a las matemáticas mismas como disciplina, sino un aporte epistemológico y metodológico, es decir, un aporte al matematismo más que a las matemáticas:

> [Galileo's] idea was simple and direct; whenever it is possible to find a mathematical rule which is exemplified by things accessible to sensory verification and which is not contradicted by further experience, we may be certain that rule holds whenever applied (Hall, 1990, 108).

3. Galileo y Descartes respecto de la inercia y la caída de los cuerpos

3.1. La ley de la inercia

La física anterior a Galileo consideraba el movimiento como una cualidad de la cosa, ya sea, como en el caso de Aristóteles, un proceso de actualización de la cosa que la lleva a su lugar natural, o algo que se le imprime al objeto y que le permite mantenerse en movimiento, en el caso de la física del *impetus*, es decir, en ambos casos es algo que afecta o modifica el objeto. Por otra parte, para Galileo es algo que no afecta el objeto, es decir, estar en movimiento o en reposo sería ontológicamente indiferente, en ese sentido sería un estado (Koyré, 1943).

Ahora, ¿cómo lleva esto al principio de inercia? La teoría del *impetus* diría que cualquier cuerpo en movimiento permanece en movimiento en tanto aún cuente con una cantidad suficiente de *impetus*, pero este se iría agotando produciendo que finalmente el objeto se detenga. Sin embargo, Galileo, en los *Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias,* después de demostrar la ley del cuadrado del tiempo, se dispone a demostrar geométricamente un lema asociado a los teoremas anteriores:

> [L]as intensidades [*momenti*] o las velocidades de un mismo móvil son diversas si tienen lugar sobre planos de distinta inclinación; la máxima se alcanza siguiendo la vertical, mientras que en las otras inclinaciones va disminuyendo tal velocidad cuanto más se alejan de dicha verticalidad, esto es, cuanto más oblicuamente se inclinan. De ahí que el impulso [*impeto*], la tendencia [*talento*], la energía [*energia*], es decir, la intensidad [momento] de la caída va disminuyendo en el móvil a causa del plano sobre el que dicho móvil se apoya y desciende (Galilei, 1996, p.303).

En este sentido, conforme el plano se acerca a la horizontal, la tendencia al movimiento va disminuyendo hasta el punto en el que al llegar al plano horizontal, esta tendencia desaparece y "el móvil es indiferente con respecto tanto al movimiento como al reposo, no teniendo, por sí mismo, tendencia a moverse hacia ninguna parte ni ofrece tampoco ninguna resistencia a ser movido" (Galileo, 1996, 304), con lo cual concluye que ese movimiento a lo largo de la horizontal es uniforme y perpetuo (Dutton, 1999).

Lo importante para la presente investigación, no es el hecho de que haya derivado adecuadamente el principio de inercia –efectivamente no lo hace [5]– sino el procedimiento que utiliza en su razonamiento, pues esto es una derivación de la ley de la caída de los cuerpos, en la medida en que es a su vez una derivación que se presenta en el escolio de la proposición II del teorema II de la tercera jornada, según la cual "lo demostrado hasta el momento con respecto a las caídas verticales, se cumple del mismo modo también en los movimientos que se realizan sobre planos inclinados, sea cual fuere tal inclinación" (302), de manera que establece una proporción matemática entre la caída de un cuerpo en un eje vertical y la caída de un cuerpo en un plano inclinado, que se puede ver en la figura 1.

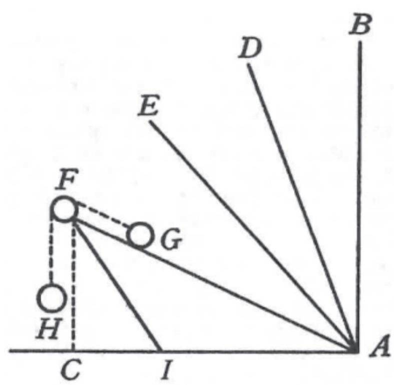

Figura 1: Tomado de: Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias, p. 303.

Por otra parte, Descartes utiliza un procedimiento completamente distinto. Descartes elabora tres leyes del movimiento (Lois de la Nature), la primera de ellas postula "que chaque partie de la matière, en particulier, continue toujours d'être en un même état, pendant que la rencontre des autres ne la contrait point de le changer" (AT XI, p. 38); la segunda, "que, quand un corps en pousse un autre il ne saurait lui donner aucun mouvement, qu'il n'en perde en même temps autant du sien; ni lui en ôter, que le sien ne s'augmente d'autant" (p. 41); y, por último, "que, lorsqu'un corps se meut, encore que son mouvement se fasse le plus souvent en ligne courbe, et qu'il ne s'en puisse jamais faire aucun, qui ne soit en quelque façon circulaire, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, toutefois chacune de ses parties en particulier tend toujours à continuer le sien en ligne droite" (pp. 43-44).

Como se puede ver, a diferencia de Galileo, Descartes desarrolla adecuadamente el principio de inercia, en la medida en que identifica este tipo de movimiento como movimiento uniforme rectilíneo. No obstante, las razones que lo llevan a afirmar el principio de inercia son muy diferentes de las de Galileo:

> Sachez donc, premièrement, que par la Nature je n'entends point ici quelque Déesse, ou quelque autre sorte de puissance imaginaire; mais que je me sers de ce mot, pour signifier la Matière même, en tant que je la considère avec toutes les qualités que je lui ai attribuées, comprises toutes ensemble, *et sous cette condition que Dieu continue de la conserver en la même façon qu'il l'a créée*. (Descartes, AT XI, 37).[6]

En ese sentido, la conservación del movimiento de un cuerpo no radica en una propiedad de la materia, sino que está fundamentada en su metafísica, según la cual Dios produce las cosas y no se retira para dejarlas como están; al contrario, se queda y mantiene una constante labor de conservación (Dutton, 1999, 55), por lo que en tanto que no haya una fuerza externa que altere el movimiento de un objeto este se mantendrá indefinidamente en el mismo estado de movimiento:

> Car quel fondement plus ferme et plus solide pourrait-on trouver, pour établir une vérité, encore qu'on le voulût choisir à souhait, que de prendre la fermeté même et l'immutabilité qui est en Dieu? Or est-il que des deux Règles suivent manifestement de cela seul, que Dieu est immuable, et qu'agissant toujours en même sorte, il produit toujours le même effet (Descartes, AT XI, 43).

El hecho de que este movimiento sea, además de uniforme, rectilíneo, se debe a que este es el movimiento más simple y a que, por lo tanto, es aquel cuya naturaleza puede ser entendida en un solo instante:

> [D]e tous les mouvements, il n' a que le droit, qui soit entièrement simple, et dont toute la nature soit comprise en un instant (Descartes, AT XI, pp. 4-45).

Es decir, ningún objeto puede existir de un momento a otro sin la acción de Dios, y debido a esta inmutable acción conservadora de Dios, el objeto es conservado cada instante de la misma manera.

3.2. La ley de la caída de los cuerpos

Galileo en el teorema II, proposición II de la tercera jornada de *Discursos y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias* enuncia la ley de la caída de los cuerpos de esta manera:

> Si un móvil cae, partiendo del reposo, con un movimiento uniformemente acelerado, los espacios por él recorridos en cualquier tiempo que sea están entre sí como el cuadrado de la proporción entre los tiempos, o lo que es lo mismo, como los cuadrados de los tiempos (Galilei, 1996, 294).

Esta forma de cómo concibe la caída de los cuerpos se muestra de forma más clara en el diagrama que acompaña al teorema (figura 2), ya que como lo señala Grosholz (1988), con este hace un contraste entre el tiempo y la distancia. En el diagrama de Galileo el segmento HI representa la distancia a través de la cual cae el cuerpo en un movimiento uniformemente acelerado, de manera que HL, LM, MN, NI nos señalan los intervalos que forman una secuencia 1, 3, 5, 7. Por otra parte, el segmento AB no representa ninguna distancia, sino que representa al tiempo (en una línea aparte de la de la distancia), y por último la línea AC, con su respectivo ángulo representa la tasa de aumento de la velocidad en el tiempo (la aceleración), de manera que vemos claramente la

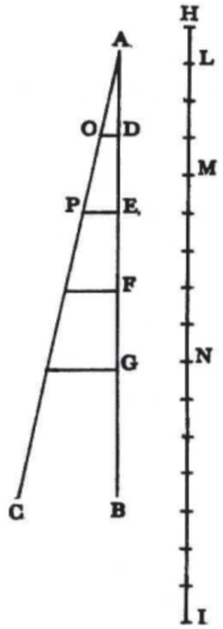

Figura 2: Tomado de: Consideracones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias, p. 294.

inclusión en el sistema galileano del tiempo cómo magnitud física.

Por otra parte, Descartes no discute como combinar distintos patrones de números y resultados geométricos, sino que según su diagrama (figura 3), hay una simple relación entre distancia

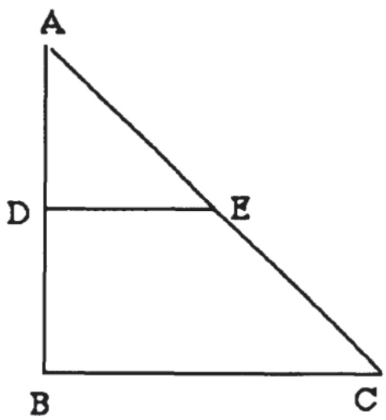

Figura 3: Tomado de: Descartes, AT X, p. 219.

(ADB) y cantidad de movimiento (triángulo ADE), mostrando que Descartes consideró que en un movimiento uniforme acelerado la velocidad aumenta proporcionalmente a la distancia recorrida, obviando la crucial diferencia entre tomar el tiempo en lugar del espacio como parámetro (Grosholz, 1988).

Esto está asociado con el hecho de que para Descartes, como ya mencionamos anteriormente, la física está fundada en la identificación de la materia con la extensión, lo cual no le permite utilizar otro parámetro que no esté asociado de manera simple con la extensión (como lo es la distancia). Además, el tiempo no puede ser concebido por Descartes como una magnitud física, ya que, como señala Moreno (2014), Descartes concibe el continuo como una magnitud sin la que es imposible concebir la velocidad de un cuerpo, esto debido a que sin movimiento no hay tiempo, y por lo tanto no puede concebirse instante alguno, es decir, el tiempo parece ser para Descartes solo una particularidad derivada de la extensión, con lo que tomar el tiempo como magnitud sería una violación a la tercera regla del método.

Por otra parte, la caída de los cuerpos es explicada por Descartes como el producto del empuje mecánico de las partículas celestiales sobre las partículas terrestres:

> Vis gravitatis a tertia ista globulorum cœlestium actione non multum differt. Ut enim illi globuli per solum suum motum, quo sine discrimine quaquaversus ferunt, omnes cujusque guttæ particulas versus ejus centrum æqualiter premunt, sicque ipsam guttam faciunt rotundam: ita per eundem motum, totius molis terræ occursu impediti, ne secundum lineas rectas ferantur, omnes ejus partes versus medium propellunt: atque in hoc gravitas corporum terrestrium consistit (Descartes, 20, AT VIII, p. 212).

En ese sentido, para Descartes la caída de los cuerpos es un problema que no tiene nada que ver con las propiedades de los propios cuerpos, sino de las condiciones puestas por la extensión, es decir, a diferencia de Galileo, no considera que el peso sea un factor por considerar en este fenómeno, sino solamente la extensión. Este es solamente explicado por la presencia de partículas celestiales que empujan la materia terrestre, razón por la cual el problema de la caída de los cuerpos es radicalmente distinto para estos pensadores, y nuevamente es resuelto por Descartes partiendo de su metafísica.

En este sentido, las teorías físicas cartesianas son una derivación directa de la metafísica construida por él mismo, de manera que las conclusiones a las que llega (las propiedades que atribuye a las cosas), pese a ser adecuadas, son accidentalmente derivadas, razón por la cual no son tan significativas desde un punto de vista científico como las de Galileo.

4. Diferencia entre Descartes y Galileo

Si bien es cierto que, como se ha mostrado, ambos pensadores parecen estar de acuerdo de manera general en la necesidad de un método matemático para las ciencias, el acercamiento a este método que tienen ambos es radicalmente distinto entre sí.

Esto se hace claro al revisar la opinión cartesiana del trabajo de Galileo. En la carta a Marin Mersenne de 1638, Descartes señala que a pesar de que Galileo es un pensador más hábil de lo usual pues "il quitte le plus qu'il peut les erreurs de l'Ecole, et tâche à examiner les matières physiques par des raisons mathématiques" (Carta a Mersenne, 11 de octubre de 1638, AT II, 380), sin embargo, según Descartes, comete un error grave, que es el no tomarse el tiempo para explicar completamente los problemas y que solo ha buscado explicaciones para algunos efectos particulares, mostrando que no ha investigado de forma ordenada, y que carece de fundamentos para su constructor; es decir, Descartes achaca a Galileo una falta de fundamentos metafísicos necesarios para sus investigaciones (Dutton, 1999).

Esto nos muestra, como ya lo he mencionado anteriormente, el hecho de que la física de Descartes está explícitamente fundada en la metafísica. Así, en *Meditationes de prima philosophia* una de las preocupaciones de Descartes está en la fundamentación de su física por medio de la metafísica (Dutton, 1999), cuyo fundamento es Dios, fundamentando asimismo la geometría y por tanto el espacio.

> Postquam vero percipi Deum esse, quia simul etiam intellexi cætera omnia ab eo pendere, illumque non esse fallacem; […], nulla ratio contraria afferri potest, quæ me ad dubitandum impellat, sed veram et certam de hoc habeo scientiam. Neque de hoc tantum, sed et de reliquis omnibus quæ memini me aliquando demonstrasse, ut de Geometricis et similibus (Descartes, AT VII, 70).

Por otra parte, para operacionalizar su método geométrico, Descartes en las *Regulæ ad directionem ingenii* menciona que se deben seguir dos pasos: *intuición* y *deducción*. Del primer paso proceden las naturalezas simples, como descubrimientos de la intuición y que, por lo tanto, están libres de toda duda. Con estas naturalezas simples intentó hacer la extensión y el movimiento reducibles a la matemática, y recurre a tres características de la extensión para llevarlo a cabo: dimensión, unidad y figura (Burtt, 1954). Lo interesante respecto de la dimensión es que, según Descartes, no refiere únicamente al hecho de que longitud, latitud y profundidad son dimensiones, sino que también el peso y la velocidad lo son de la misma manera.

Esto va de la mano con el hecho de que la geometría de Descartes, bajo la idea de seguir "el orden de las razones", es organizada como una progresión lineal que va desde lo más simple a lo más complejo. Los segmentos de línea recta son "lo más simple", y todos los problemas geométricos se reducen a problemas relacionados con estos segmentos de línea recta.

Así, Descartes incurre en un error, ya que esta concepción de las cosas lo lleva a negar el peso como una característica y la velocidad como un estado de la materia, perdiendo la posibilidad de pensar en masa y fuerza como dimensiones matemáticas. Aunque la elección de las líneas rectas como elemento simple le permite a Descartes reformular la geometría, estos puntos de partida homogéneos y simples lo hacen excluir otros elementos importantes en la investigación del mundo físico –áreas, volúmenes, curvas e infinitesimales y procesos temporalmente dinámicos (Grosholz, 1988).

Por otra parte, Galileo tiene una visión distinta de la geometría. Según Leonardo Olschki (citado por Cassirer, 1967), el uso de la geometría por parte de Galileo no puede pensarse en términos puramente abstractos, ya que Galileo construye su mecánica en el contexto de específicos problemas técnicos. Por tanto, Galileo más preocupado por este tipo de problemas, hace del movimiento el primero y más importante tipo de conocimiento del universo natural, pero la armonía que Galileo ve en el mundo no es una simple congruencia de números, sino que radica en que las propiedades físicas cuantificables de las cosas pueden ser representadas por los números (Hall, 1990).

Con esto se nota una diferencia entre la concepción de las matemáticas de Descartes y Galileo, que radica en lo que considero sus fundamentos metafísicos y el método derivado de estos. Por una parte tenemos un Descartes más preocupado por los fundamentos metafísicos de su física y por la búsqueda de las cualidades fundamentales de las cosas, y por otra tenemos a un Galileo más preocupado por la solución de problemas concretos y por la obtención de datos que den información acerca del mundo.

Galileo se niega a seguir el mismo camino de Descartes en la especulación metafísica [7] y, como se puede ver en una carta escrita a Marc Welser en 1612, consideraba que lo mejor era centrar la atención en las propiedades de la materia que podemos realmente conocer. Así, "like Descartes, he [Galileo] took these to be the geometrical properties; unlike Descartes, he sought no deep metaphysical justification" (Dutton, 1999, 60).

5. Conclusión

La matematización de la física que se llevó a cabo durante los comienzos de la Modernidad, y que cambió completamente la forma de hacer ciencia, es parte de los proyectos tanto de Galileo como de Descartes. Sin embargo, aunque el desarrollo cartesiano es posterior al galileano, el llevado a cabo por Descartes no logra mejorar el trabajo de Galileo. Podemos notarlo en la diferencia de sus métodos.

Por un lado, la física cartesiana se basa en una metafísica que tiene como fundamento a Dios, el cual sirve como punto de partida para sus teorías físicas. Además, su afán por seguir el "orden de los razonamientos" lo lleva a postular como punto de partida de su matematismo las líneas rectas, con lo cual ignora las áreas, volúmenes, infinitesimales, por lo cual se hizo imposible para él concebir magnitudes de la física moderna como lo son la masa, la fuerza y el tiempo.

Por otra parte, Galileo muestra una actitud hacia la metafísica que es plenamente moderna, pues parece haber en alguna medida una suspensión del juicio respecto de los fundamentos metafísicos y, en lugar de eso, una preocupación mayor por resolver problemas específicos. Su matematismo se basa en las propiedades cuantitativas de los cuerpos reales, y en menor medida en procedimientos matemáticos abstractos, permitiéndole tomar en cuenta magnitudes físicas como el volumen, la masa, la fuerza y el tiempo. De manera que en Galileo vemos más claramente la utilización de la matemática para la descripción y predicción de fenómenos físicos propia de la física contemporánea, ausente en el trabajo de Descartes. De esta manera, aunque Descartes aporta muchísimo a la matemática, aporta muy poco al matematismo; y aunque Galileo aporta muy poco a la matemática, aporta muchísimo al matematismo.

Notas

1. En Aristóteles el conocimiento es de lo general, no de lo particular, no obstante no descarta lo sensorial, ya que en las vías ascendentes del saber es el punto de partida, y de ahí su importancia. Pero este debe ser superados en orden a formular los enunciados generales propios de la episteme. Sin embargo, como podemos ver en la silogística aristotélica, no puede darse un regreso a lo individual. Por otra parte, en Descartes y Galileo es posible conectarse con lo individual mediante las condiciones iniciales, es decir, conociendo

el punto de inicio se podrá conocer el punto final, aunque la ley que describe el fenómeno sea abstracta.

2. La geometría analítica desarrollada por Descartes completa el proceso de exclusión de lo sensorial en las matemáticas, porque elimina las imágenes a las cuales estaba limitada la geometría de la Antigüedad.
3. En el presente texto se utilizó la versión de Adam y Tannery de las *OEuvres* de Descartes, sin embargo el texto será modernizado por mí.
4. Nótese que el lenguaje de las matemáticas según Galileo se expresa por medio de figuras geométricas, con lo cual expresa un mayor apego a lo físico, a diferencia de Descartes, quien abandona las figuras geométricas.
5. Dutton (1999) considera que el problema que enfrenta Galileo en su formulación del principio de inercia radica en el hecho de que su análisis está muy atado al comportamiento de los cuerpos terrestres, lo cual lo hace incurrir en el error de considerar el movimiento inercial como un movimiento circular. “[I]t is clear that what Galileo has in mind by horizontal plane is a surface section of sphere whose volume is sufficiently large so as to allow that section to be treated as if it were a horizontal plane. And since the sphere in question is clearly the earth, the horizontal path along which a body travels with perpetual and uniform motion turns out to be a path along either the surface of the earth or the surface of the a sphere concentric with the earth” (Dutton, 1999, p. 54).
6. El énfasis es mío.
7. Nótese que con esto no intento negar la existencia de fundamentos metafísicos o de una metafísica en Galileo, sino que señalo una despreocupación o una suspensión del juicio respecto de estos, para dedicar los esfuerzos investigativos a los fenómenos claramente cognoscibles, lo cual es una muestra de la clara relación de Galileo con la ciencia contemporánea.

Referencias

Burtt, E. A. (1954). *The Metaphysical Foundations of Modern Science*. New York: Anchor Books.

Cassirer, E. (1967). Mathematical mysticism and mathematical science. En: McMullin, E. *Galileo. Man of Science*. (338-351). New York: Basic Books.

Cornford, F. (1997). *Plato’s cosmology. The Timaeus of Plato*. Indianapolis: Hackett Publishing Company.

Coronado, G. (2013a). Consideraciones acerca de la teoría platónica de los cuatro elementos: su status epistemológico. En: Coronado, G. *Apuntamientos de historia del pensamiento científico*. (53-74). San José: Antanaclasis.

________. (2013b). Los pitagóricos: matemática e interpretación de la naturaleza. En: Coronado, G. *Apuntamientos de historia del pensamiento científico*. (7-28). San José: Antanaclasis.

Crosby, A. W. (1998). La medida de la realidad. La cuantificación y la sociedad occidental, 1250-1600 (Trad. Jordi Beltrán). Barcelona: Crítica.

Descartes, R. (1909). *Œuvres de Descates* (Vol. II, VI, VII, VIII y XI) (C. Adam y P. Tannery, eds.) Paris: Léopold Cerf Impremeur-Éditeur.

Dubarle, D. (1967). Galileo’s Methodology of Natural Science. En: McMullin, E. *Galileo. Man of Science*. (295-314). New York: Basic Books.

Dutton, B. (1999). Physics and Metaphysics in Descartes and Galileo. *Journal of the History of Philosophy*. 36 (1), 49-71.

Galilei, G. (1996). *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias*. (Trad. Javier Sádaba). Barcelona: Planeta De Agostini.

________. (1981). *El ensayador*. (Trad. J.M. Revuelta). Buenos Aires: Aguilar.

Galilei, G. y Scheiner, C. (2010). *On Sunspots* (Trad. Eileen Reeves y Albert Van Helden). London: The University of Chicago Press.

Grosholz, E. (1988). Geometry, Time and Force in the Diagrams of Descartes, Galileo, Torricelli and Newton. *Proccedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*. (2), 237-248.

Hall, A. R. (1990). Was Galileo a Metaphysicist?. En: Levere, T. H. y Shea, W. R. (Eds.). *Nature, Experiment, and Sciences*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 105-121.

Hodgkin, L. (2005). *A History of Mathematics. From Mesopotamia to Modernity*. New York: Oxford University Press.

Koyré, A. (1943). Galileo and Plato. *Journal of the History of Ideas*. 4 (4), 400-428.

________. (1937). La loi de la chute des corps Galilée et Descartes. *Revue Philosophique de la France et de l’Étranger*. 5/8 (Mai-Aout), 149-204.

Moreno, J. (2014). El encuentro entre René Descartes e Isaac Beeckman (1618-1619): El tratado hidrostático. *Theoria*, 79, 149-166.

Platón (1992). *Timeo*. En: *Diálogos VI*. (Trad. de Francisco Lisi). Madrid: Gredos.

Scott, J. F. (1958). *History of Mathematics*. *From Antiquity to the Beginning of the Nineteenth Century*. London: Taylor & Francis.

*** Leonardo Ortiz Acuña**
(loa225@gmail.com). Bachiller en Filosofía, Universidad de Costa Rica.
Estudiante de la Licenciatura en Filosofía, Universidad de Costa Rica.

Recibido: el martes 7 de octubre de 2014.
Aprobado: el viernes 10 de octubre de 2014.