EPISTEME NS, VOL. 36, N° 2, 2016, pp. 173-198

Gustavo Sarmiento

CARTESIANISMO, NEWTONIANISMO Y MÉTODO: SOBRE EL RECHAZO DEL CARTESIANISMO EN LA OBRA DE JOHN KEILL[1]

Resumen: El estudio de los trabajos de los primeros seguidores de Newton es necesario para una mejor comprensión de aspectos particulares del newtonianismo y sus diferencias respecto el cartesianismo, debido a que la física newtoniana en buena medida fue transmitida a través de los manuales deseguidores como John Keill, J. T. Desaguliers, Wm. J. 's Gravesande, William Whiston o Henry Pemberton, razón por la cual estos trabajos desempeñaron un papel importante en el triunfo de dicha física sobre el cartesianismo. En esta conferencia se examinarán los puntos de vista del escocés John Keill en relación conla importancia de las matemáticas en la filosofía natural, en particular sus críticas a la posición cartesiana, expuestas en la *Introductio ad Vram Physicam* y en A*n Examination of Dr. Burnet's Theory of the Earth* de 1698. Ello permitirá contrastar la perspectiva del newtonianismo con la del cartesianismo, a fin de contribuir a una discusión más detallada de la historia del punto de vista de la modernidad respecto del papel de las matemáticas en la filosofía natural. En segundo lugar, se examinarán las críticas de Keill a los postulados de la filosofía natural cartesiana, las cuales se encuentran entrelazadas con sus objeciones respecto del papel de las matemáticas en el cartesianismo. Finalmente, se expondrá la crítica de Keill a la doctrina cartesiana de los vórtices.

Palabras Clave: Newtonianismo, Cartesianismo, John Keill

1 Conferencia dictada en el IV Simposio Internacional del Grupo de Investigación Filosófica USB-USAL, "Carne, cuerpo e identidad", Universidad Simón Bolívar, Caracas, 9 al 13 noviembre 2015

Recibido 16-02-16 ☼ Aceptado 15-03-16

CARTESIANISM, NEWTONIANISM AND METHOD: ABOUT REJECTION OF CARTESINISM IN JOHN KEILL'S WORK

Abstract: Ananalysis of the work of Newton's early followers is essentialto a better understanding of some particular aspects of Newtonianism and its differences from Cartesianism. This is so because Newtonian physics was largely transmitted through the manuals of Newton's followers such as John Keill, JT Desaguliers, Wm. J. 'sGravesande, William Whiston, or Henry Pemberton. These works played an important part in the triumph of Newtonian physics over Cartesianism. In this conference, the views of John Keillon the importance of mathematics in natural philosophy will be examined, in particular his criticism of the Cartesian point of view, as it is set forth in his *Introductio ad Veram Physicam* and his *An Examination of Dr. Burnet's Theory of the Earth* of 1698. This will allow us to contrast the perspective of Newtonianism with that of Cartesianism in order to contribute to a more informed discussion of the history of the modern view on the role of mathematics in natural philosophy. Secondly, we will examine Keill's criticisms of the postulates of Cartesian natural philosophy, which are intertwined with his objections to the role of mathematics in Cartesianism. Finally, Keill's critique of the Cartesian doctrine of vortices will be discussed.

Keywords: Newtonianism, Cartesianism, John Keill

1.- Introducción.

Es bien sabido que el advenimiento de la filosofía natural newtoniana estuvo caracterizado por la aplicación de las matemáticas a la ciencia de la naturaleza —puesta de relieve en el título de la conocida obra de Isaac Newton: *Principios matemáticos de la filosofía natural*—. Con la decisión de demostrar matemáticamente los fenómenos a partir de leyes de la naturaleza fundadas en la experiencia y los experimentos, Newton refundó la física y la terminó de poner en lo que después Kant llamaría "el camino seguro de una ciencia"[2].

2 Kant, I., *Crítica de la Razón Pura*, Pedro Ribas (Trad.), Madrid, Alfaguara, 1997,

También es conocido que la física newtoniana tuvo que luchar contra el cartesianismo, que a la sazón dominaba el ambiente filosófico, después de haber desplazado a la física escolástica de las formas substanciales y las cualidades de los cuerpos. Descartes fue el primero en proporcionar fundamentos filosóficos a la física mecanicista de la extensión y el movimiento, pero, a pesar de que su espíritu mecanicista era correcto, la física cartesiana no logró dar una explicación adecuada de fenómenos como el choque entre los cuerpos. Por otro lado, su teoría gravitatoria basada en torbellinos adolecía de dificultades y no concordaba bien con los movimientos observados en los planetas, como puso de relieve Newton. Relacionado con lo anterior, un problema, aún más importante, que presentaba el cartesianismo, se hallaba en el poco uso que hacía de las matemáticas. Algunos de sus principios —hallados por el espíritu, independientemente de la experiencia— constituían una dificultad adicional.

Los manuales escritos por autores como John Keill, J. T. Desaguliers, Wm. J.'sGravesande, William Whiston o Henry Pemberton fueron intermediarios de gran importancia en la transmisión del influjo de Newton y en el triunfo de su física sobre el cartesianismo. Numerosos estudiantes conocieron la filosofía natural newtoniana a través de estos trabajos y no en virtud del estudio directo de los *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, considerablemente más difíciles y exigentes. Por otro lado, en lo que se refiere a cuestiones de método y a tesis más generales y filosóficas, algunos de los seguidores de Newton desarrollaron opiniones propias, que no siempre concuerdan con las del maestro y ejercieron influencia sobre otros filósofos naturales en la época, en algunos casos mayor que los puntos de vista del mismo Newton sobre una cuestión particular. Debido a ello, el examen de los trabajos de estos autores es necesario para una mejor comprensión de aspectos particulares del newtonianismo y de sus diferencias con el cartesianismo. A este respecto, resulta de particular relevancia el libro que el escocés John Keill publicó en Oxford en 1701, titulado *Introductio ad Veram Physicam*[3]. Este escrito fue reimpreso y edi-

Edición 13ª, p. 14, B VII.

3 Publicado en Oxford por Thomas Benett. Cf. Quarrie, P., "The Christ Church Collections Books", *The History of the University of Oxford*, T. H. Aston, General Editor, Volume V, The Eighteenth Century, Sutherland, L. S. and Mitchell, L.G. (Eds.), Oxford, Clarendon Press, 1986, pp. 493-506, p. 505. Emplearé la siguiente edición: Keill, J., *Introdutio Ad Veram Physicam: seu Lectiones Physicæ Habitæ in Schola Naturalis Philosophiæ Academiæ Oxoniensis. Quibus accedunt Christiani Hugenii Theoremata de Vi Centrifuga & Motu Circulare demonstrata*, Oxoniæ, 2ª Edición, 1705.

tado en latín varias veces[4], a lo cual siguieron ediciones en inglés con el título: *An Introduction to Natural Philosophy*[5]. Empleado en colegios de Oxford y Cambridge[6], e influyente no sólo en Gran Bretaña sino también en el Continente, e incluso en sitios tan lejanos como el Japón[7], el libro de Keill fue uno de los textos que más contribuyó a la enseñanza y afianzamiento del newtonianismo en el siglo XVIII[8]. En sus *Elements de la Philosophie de Newton*, que jugaron un gran papel en la divulgación de la ciencia newtoniana entre el público no especializado, Voltaire lo recomienda a quienes quieran saber más acerca de la física de Newton[9]. Cuando Keill escribió la *Introductio ad veram Physicam*, el cartesianismo era la filosofía natural dominante[10], y, de hecho, esta obra ayudó a reemplazarlo en Oxford de una manera similar al papel que en Cambridge jugaron las notas de Samuel Clarke al tratado de física de Rohault[11]. En esta

4 En 1705 y 1715, por un librero de Londres. Cf. Quarrie., "The Christ Church…", cit., p. 505. Hasta 1741 se publicaron seis ediciones en latín. Cf. Schofield, E. R., *Mechanism and Materialism: British Natural Philosophy in an Age of Reason*, Princeton, Princeton University Press, 1970, p. 27.

5 Que para 1778 llegaban al menos a seis. Cf. *Ibid.*, p. 27.

6 El libro de Keill se mantuvo como texto standard para el estudio de la física en los colegios de Oxford hasta tan tarde como 1790. *Ibidem.*

7 *Dictionary of Scientific Biography*, Charles Coulston Gillispie (Ed.), New York, Charles Scribner's Sons, 1973, Vol. XII, pp. 407 y 409.

8 Sobre esto, Cf. Whewell, W., *History of the Inductive Sciences*, Vol. II, Olms, Hildesheim, 1976, Reimpresión de la Tercera Edición, London, 1857, p. 151. Cf. Schofield., *Mechanism and Materialism*, pp. 25-30; Quarrie., "The Christ Church…", *cit.*, p. 505; y Yolton, J., "Schoolmen, Logic and Philosophy," *The History of the University of Oxford*, Volume V, *The Eighteenth Century*, pp. 565-591, pp. 582 y 584. En relación con la influencia de Keill en el continente, Cf. Brunet, P., *L'Introduction des Théories de Newton en France au XVIIIe Siècle*, Vol. 1, Avant 1738, Paris, Librairie Scientifique Albert Blanchard, 1931, pp. 79-80.

9 Voltaire., *Elémens de la philsophie de Neuton*, Londres, 1738, p. 12. (Primera edición: *Elements de la Philosophie de Newton, mis à la portée de tout le monde*, Amsterdam, chez Ledet, 1738). También cabe destacar la influencia del texto de Keill sobre la *Monadologia physica* de Kant, escrita en 1756.

10 Keill mismo reporta que los cartesianos "are by much the greatest number [de filósofos naturales], being scattered almost over the whole Earth." John Keill, *An introduction to natural philosophy: or, philosophical lectures read in the University of Oxford*, *Anno Dom 1700. To which are added, the demonstrations of Monsieur Huygens's theorems, concerning the centrifugal force and circular motion*, trad. de la ultima edición en Latín, 3a edición, London, Woodfall, 1733, prefacio, p. viii. Los corchetes son nuestros.

11 En Francia, la física cartesiana se había instalado solidamente por la acción preponderante del *Traité de physique*, 1671, de Jacques Rohault. La segunda traducción al latín de este libro, por obra de Samuel Clarke, fue editada cuatro veces

conferencia me ocuparé de tres cuestiones: En primer lugar, de las consideraciones de Keill en relación con el uso de las matemáticas en la filosofía natural, en particular sus críticas a la posición cartesiana, expuestas en la *Introductio ad veram Physicam* y en *An Examination of Dr. Burnet's Theory of the Earth* de 1698. Ello permitirá contrastar la perspectiva del newtonianismo con la del cartesianismo, con lo cual espero poder contribuir a una discusión más detallada de la historia del punto de vista de la modernidad respecto del papel de las matemáticas en la filosofía natural. En segundo lugar, examinaré las críticas de Keill a los postulados de la filosofía natural cartesiana, las cuales se encuentran entrelazadas con sus objeciones respecto del papel de las matemáticas en el cartesianismo. Finalmente, expondré la crítica de Keill a la doctrina cartesiana de los vórtices.

2.- La importancia de la geometría en la filosofía natural y las objeciones a los principios de la física cartesiana.

La *Introductio ad Veram Physicam* es una exposición de la mecánica newtoniana cuya estructura consiste en una serie de lecciones sobre dicha ciencia. De manera preliminar, en el prefacio y las primeras lecciones del libro se tratan cuestiones relacionadas con los fundamentos de la verdadera filosofía natural, que para nuestro autor es —por supuesto— la de Newton y no la de Descartes. Keill discute la importancia de la geometría, el método a seguir en filosofía natural, la explicación de la gravedad y las propiedades de los cuerpos: extensión, solidez, divisibilidad, más la sutileza de la materia. Después de ello, se ocupa de la naturaleza y propiedades del movimiento y deduce las leyes del movimiento y de la gravedad, aplicándolas a continuación a la solución matemática de varios problemas de la física.

En la obra en cuestión, Keill denuncia vehementemente a los filósofos que, sin saber de geometría ni apoyarse en observaciones, para él no pueden sino introducir absurdos en la filosofía natural. El prefacio de la *Introductio ad Veram Physicam* enfatiza la importancia crucial de la geometría como fundamento de la filosofía de la naturaleza y requisito de admisión a la misma. Únicamente la geometría permite al filósofo conocer las fuerzas naturales, que

entre 1697 y 1718 —también fue traducida al inglés en 1723 por su hermano John Clarke bajo el título: *A System of Natural Philosophy*—, y contenía una serie de notas que constituían una refutación en clave newtoniana de la mayor parte del libro de Rohault. Estas notas aseguraron un espacio para el newtonianismo en el ambiente de Cambridge.

sólo pueden ser medidas gracias a la mencionada ciencia. Esto presupone que el conocimiento de dichas fuerzas está constituido por la determinación de sus magnitudes (y direcciones). Aquí Keill sigue un motivo newtoniano, que en realidad es anterior, pues el que impone este punto de vista en la ciencia de la modernidad es Galileo[12]. Eso es —escribe Keill— lo que hizo Galileo, fundando la nueva ciencia de la mecánica sobre la base de la geometría[13], y, más importante que todos los filósofos de la naturaleza precedentes, Newton, quien "through his vast skill in geometry, has found out by his own sagacity" muchos más principios concernientes a la filosofía mecánica, que todos sus predecesores juntos[14]. El papel jugado por Galileo en la matematización de la física es harto conocido. Un famoso pasaje expresa el espíritu impuesto por él en la filosofía natural:

> Philosophy is written in this grand book, the universe, which stands continually open to our gaze. But the book cannot be understood unless one first learns to comprehend the language and read the letters in which it is composed. It is written in the language of mathematics, and its characters are triangles, circles, and other geometric figures without which it is humanly impossible to understand a single word of it; without these, one wanders about in a dark labyrinth[15].

Por su parte, Newton insiste en el rol de la medición en la cuantificación de los fenómenos, e incorpora reglas de medida en la formulación de leyes y definiciones. En el prefacio a la primera edición de los *Principia Matematica* se observa que el intento de reducir los fenómenos naturales a las matemáticas es característico de la modernidad. Los *Principia* tratan acerca de la parte matemática que se relaciona con la filosofía natural; la geometría se funda en la práctica mecánica y no es otra cosa que aquella parte de la mecánica universal que propone y demuestra con exactitud el arte de medir. Newton propone "principios matemáticos de filosofía" porque toda la dificultad de la filosofía natural consiste en investigar las fuerzas de la naturaleza a partir de los fenó-

12 Cf. Keill., *Introductio ad Veram Physicam*, *Preface; Introduction to Natural Philosophy*, p. viii.

13 *Ibid*., p. ix.

14 *Ibi*d., p. x.

15 Galilei, G., *Discoveries and opinions of Galileo*, Drake, S. (Trad.), New York, 1957, pp. 237-8. Sobre esto Cf. Hall, A. R., *From Galileo to Newton*, New York, Dover Publications, Inc., 1981, p. 84.

menos del movimiento y después demostrar el resto de los fenómenos desde dichas fuerzas[16]. Las matemáticas son empleadas en la ciencia natural para llevar a cabo esa demostración. Por otro lado, las matemáticas también sirven para dar una noción cuantificable de las fuerzas (una expresión matemática de ellas en base a conceptos de magnitudes). Así, por ejemplo, al definir la "magnitud motriz de la fuerza centrípeta", que es "la medida de la misma proporcional al movimiento que genera en un tiempo dado"[17]. Cabe poner de relieve que en esto del uso de las matemáticas, Keill no es un newtoniano ortodoxo y su valoración de la geometría va más allá de Galileo y Newton, pues intenta demostrar geométricamente tesis como la existencia del vacío, la divisibilidad infinita de los cuerpos o la forma de la ley de gravitación[18].

Por otra parte y a decir verdad, la valoración del papel de las matemáticas en la filosofía natural está presente en el cartesianismo, al menos de manera programática, aunque en un sentido sin realizarse a plenitud. El cartesianismo insiste en declarar el uso de las matemáticas en la filosofía natural y la utilidad de esta ciencia. Así lo hace el propio Descartes:

> *Que je ne reçois point de principes en Physique, qui ne soient aussi receus en Mathematique, afin de pouuoir prouuer par demonstration tout ce que j'en deduiray; & que ces principes suffisent, d'autant que tous les Phainomenes de la nature peuuent estre expliquez par leur moyen*[19].

Y el influyente manual de Rohault lo afirma desde el principio, criticando a las escuelas por descuidar el uso de las matemáticas, a pesar de que las incluyen como parte de la filosofía (natural):

> The fourth Defect that I observed in the Method of Philosophers, is the neglecting Mathematicks to that Degree, that the very first Elements thereof are not so much as taught in their Schools. And yet, which I very much wonder at, in the Division which they make of a Body of Philosophy, they never fail to make Mathematicks

16 Newton, I., *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, traducción al inglés por Motte, A., 1729, revisada por Florian Cajori, California, University of California Press, Berkeley, 1934, prefacio, pp. xvii-xviii.

17 *Ibid*., I, Def. VIII, p. 4-5. La traducción proviene de Newton., *Principios matemáticos de la filosofía natural*, 2 Vols., trad. Eloy Rada García, Madrid, Alianza, 1987, Vol. 1, p. 125.

18 Keill., *Introduction to Natural...,* cit., , pp. 4-7, 17 ss., 20 ss., 26 ss.

19 Descartes, R., *Principes de la Philosophie*, en Oeuvres de Descartes, Adam, C., y Tannery, P., (Eds.), Vol. 11, Paris, Librairie philosophique J. Vrin, 1964 -1974, Vol. IX-2, II, § 64, pp. 101-2.

> one Part of it[20] .

Las matemáticas son tal vez la parte más útil de la filosofía, por varias razones; la más importante de ellas, para nosotros, es puesta por Rohault de esta manera:

> It is not enough to put us upon applying ourselves more to them [a las matemáticas] than we have hitherto done, to consider that 'tis by their Means that the modern Philosophers have discovered all that is excellent and peculiar in natural Philosophy?[21]

Pero, a pesar de estas declaraciones, Rohault incurre en lo mismo que objeta en la escolástica, pues cuando uno lee su manual encuentra poca matemática.

También hay que mencionar como predecesores del punto de vista que favorece el empleo de las matemáticas a los físicos de la escolástica tardía, quienes, sin haber llegado a desarrollar las consecuencias del mismo, como lo hizo Galileo, habían dado pasos hacia la formulación matemática de leyes o reglas para ciertos movimientos. El pensamiento mismo de que el mundo tiene una estructura matemática es mucho más antiguo, pues se remonta, como es bien sabido, a Platón, e incluso antes, a los filósofos de la escuela pitagórica. El reconocimiento de la importancia de las matemáticas para la filosofía natural, e incluso el intento de expresar propiedades de los entes naturales mediante principios matemáticos, no surge en la modernidad. No sólo estaba en los Pitagóricos y Platón, sino que, desde una perspectiva no metafísica, sino científica, Arquímedes había avanzado mucho en la aplicación de la matemática a la ciencia de la naturaleza, para establecer una ciencia matemática de la estática. Y poco antes del renacimiento, los físicos del siglo XIV habían intentado aplicar la matemática a la física. Así, por ejemplo, Thomas de Bradwardine:

> For no one may hope to rejoice in victory in the battle of natural philosophy unless he harkens to the counsel of mathematics and is fortified by its assistances. For this very science is the revelatrix of untainted truth, has brought to light every hidden secret, and carries the key to all subtle letters. Thus, whoever may have

20 Rohault., *A System of Natural Philosophy. A Facsimile of the Edition and Translation by John and Samuel Clark*e, Published in 1723, 2 Vols., New York and London, Johnson Reprint Corporation, 1969, Vol. 1, prefacio.

21 *Ibidem.*

> presumed to do natural philosophy while neglecting mathematics, knows that he will never gain admission to the portal of wisdom[22].

Aplicando este modo de pensar, los físicos medievales avanzaron en la formulación de reglas matemáticas para ciertos movimientos, como por ejemplo la "Regla de Merton" (desarrollada en el siglo XIV y asociada con los filósofos matemáticos de Oxford, que sirvió a Galileo para probar la ley de caída de los cuerpos, y de la cual él dio después una demostración formal). Esta regla se reduce a un caso de la ley de caída libre[23]. No obstante, los medievales no llegaron a encontrar relaciones matemáticas entre variables físicas que —demostrándose en la experiencia— pudieran constituir o echar las bases de una ciencia mecánica, como lo hizo Galileo y continuó desarrollándose en la física de la modernidad.

Así pues, siguiendo una larga tradición, Keill denuncia la equivocación de aquellos filósofos que, ignorantes en geometría, presumen conocer las causas de las cosas de la naturaleza[24]. Esto está dirigido principalmente —aunque no exclusivamente— contra el cartesianismo. En opinión de Keill, la física cartesiana ofreció una explicación mecánica de todas las cosas, y sin embargo no usó a la geometría, aún cuando el propio Descartes fue un gran geómetra[25]. En consecuencia, su física resultó contraria a las leyes de la mecánica[26]. Para Keill, "there is no admittance to [la filosofía mecánica] but by the means of geometry"[27], y aquellos filósofos que intentan proscribir la geometría de

---

22 Citado por Murdoch., "Superposition, Congruence and Continuity in the Middle Ages," en Koyré, A., *L'aventure de la science. Melanges Alexandre Koyré*, I, Paris, Hermann, 1964, p. 441.

23 Sobre esto Cf. Hall., *From Galileo to*…, cit., pp. 48, pp. 67-8 y p. 70.

24 Keill., *Introductio ad*…, cit., prefacio; *Introduction to Natural*…, cit., prefacio, p. viii.

25 La fama de Descartes como geómetra se debe sobre todo a su contribución al desarrollo de la Geometría Analítica, contenida en su trabajo *La Géométrie*, publicado en 1637, como apéndice a su *Discours de la méthode*. Hemos dicho que la física cartesiana contemplaba programáticamente el uso de la geometría en la física. Esto ya esta implícito en la concepción de los cuerpos como extensión y es realidad en los trabajos de Descartes sobre dióptrica. Pero Keill tiene razón en que a pesar de su actitud hacia las matemáticas, los tratados cartesianos de física, el de Rohault, por ejemplo, y los *Principios* de Descartes, hacen un uso limitado de las matemáticas.

26 Keill., *Introductio ad Veram*…, cit., prefacio; *Introduction to Natural*…, cit., prefacio, p. viii.

27 *Ibid*., prefacio, p. x. los corchetes son nuestros. "[…] vero talis sit philosophiae mechanicae status, ut nulla alia ratione quam per Geometriam aditus ad ipsiam pateat […]".

la física lo hacen porque "they are ignorant of that divine science"[28]. Toda acción física depende de un movimiento —esta es una tesis central del mecanicismo—. En consecuencia, se debe investigar la cantidad y proporción del movimiento, su magnitud, sus figuras y número, las colisiones de los cuerpos en movimiento y sus fuerzas. Pero todas estas cosas participan de la cantidad y la proporción, y por ende es necesario que el filósofo natural domine la aritmética y la geometría[29]. Es evidente el inmenso entusiasmo que este autor siente por la geometría[30].

Cuatro años antes, en su libro *An Examination of Dr. Burnet's Theory of the Earth*, Keill ya destacaba los progresos logrados aplicando las matemáticas a la filosofía natural, y añadía que de esta manera podían corregirse muchos de los errores de los filósofos[31]. En esa obra, nuestro autor criticaba las doctrinas de los llamados "world makers" ingleses, quienes, como Thomas Burnett, habían

---

28 Keill., *Introduction to Natural…*, cit., p. 22. Keill., *Introductio ad Veram…*, cit., p. 18.

29 Keill., *Introduction to Natural…*, cit., p. 3, Keill., *Introductio ad Veram…*, cit., p. 2.

30 ¿Que habría pensado de un poema sobre la geometría escrito por Fontenelle (1657-1757) a finales del siglo XVII, del cual hemos extraído la estrofa inicial y la final?

Lorsque je tiens les horribles Ecrits
Des successeurs d'Euclide et d'Archimede,
Contre la joie infaillible remède,
Rude supplice aux plus tristes esprits;
Je vois l'Amour, et je suis tout surpris
Qu'il me vient là faire une parenthèse.

….

C'est encore pis, j'en suis mieux lutiné,
Je n'y sais plus que prendre patience;
Et puisqu'il faut que je pense et repensé
A cette Iris, et la nuit, et le jour,
Pensons-y donc. Adieu vous dis, Science,
Je veux avoir la paix avec l'Amour.

Fontenelle., *Œuvres Complètes*, 7 Vols., Paris, Fayard, 1989, Vol. 3, pp. 265-6.

31 "I cannot sufficiently Commend [la promoción de las ciencias matemáticas] when I consider what vast improvements have been made, and how many Errors of former Philosophers have been detected by applying Geometry to Natural Philosophy". Keill., *An Examination of Dr. Burnet's Theory of the Earth Together with Some Remarks on Mr. Whiston's New Theory of the Earth*, Oxford, Printed at the Theater, 1698, p. a 3.

propuesto narraciones mecánicas del origen y los cambios que ha sufrido la tierra, bajo el influjo de la física cartesiana y siguiendo el ejemplo de Descartes[32], quien había ofrecido una explicación estrictamente mecanicista de la posible génesis de un mundo semejante al nuestro, únicamente a partir de un caos inicial de partículas creadas por Dios y dotadas por Él de movimiento[33]. En *An Examination of Dr. Burnet's Theory of the Earth*, Keill declaraba la necesidad de que aquellos que no entienden de geometría no pretendan decir nada sobre los fenómenos naturales[34]. Así pues, la verdadera filosofía natural

32 Burnet, T., *Telluris Theoria Sacra*, London, 1681.

33 Descartes., *Le Monde, en Oeuvres de Descartes*, Charles Adam y Paul Tannery (Eds.), Vol. XI, esp. Ch. VI, pp. 31 ss. ; VII, pp. 36 ss; *Discours de la Méthode*, texto y comentario de Étienne Gilson, Paris, 4ª edición, Librairie Philosophique J. Vrin, 1967, V, pp. 43 y 44.

34 Así, a pesar de que Erasmus Warren está de su lado en contra de la teoría de la tierra de Burnett, Keill lo critica hasta ridiculizarlo por su ignorancia en matemáticas, y lo hace "to shew how unfit a man who understands no Geometry, is to write a book of Natural Philosophy." Keill., *An Examination of…*, cit., pp. 22-6). Al comienzo del *Syntagma Mathesios*, un manual de la época sobre ecuaciones cúbicas, bicuadráticas y series convergentes, se encuentra reproducido un ensayo de 1701 sobre el uso del conocimiento matemático, firmado por Martin Strong, que, de acuerdo con una nota manuscrita contemporánea citada por Samuel Halkett y John Laing (*Dictionary of Anonymous and Pseudonymous English Literature*, New and enlarged edition by James Kennedy, W. A. Smith and A. F. Johnson, II, Edinburg, Oliver and Boyd, 1926, p. 202), es un seudónimo de John Arbuthnot y John Keill: "Essay (an) on the usefulness of mathematical learning; in a letter from a gentleman in the city to his friend in Oxford. [By Martin Strong.] 8vo. Pp. 59 [*Bold.; Brit. Mus.*] Oxford, 1701 Ascribed also to John Arbuthnot, M.D.; to John Keill, M.A., M.D. 'By Dr Arbuthnot & Mr Kiel.'— MS. note, evidently contemporary." (*Ibid.*). Este *Essay on the Usefulness of Mathematical Learning* también propone la idea fundamental de que no es possible la investigación de la naturaleza sin las matemáticas. Estas son necesarias para estudiar la materia, el espacio, el movimiento, la gravedad, y en general los objetos de la filosofía natural, porque estos han sido creados como cantidades: "And here it might suffice to tell you, that *Mathematics* is the Science of Quantity, or the Art of Reasoning about Things, that are capable of *more* and *less*, and that the most part of the Objects of our Knowledge are such, as *Matter, Space, Number, Time, Motion, Gravity*, &c. We have but imperfect Ideas of Things without Quantity, and as imperfect a one of Quantity itself without the help of *Mathematics*. All the visible Works of GOD almighty, are made in *Number, Weight,* and *Measure*; and therefore to consider them, we ought to understand *Arithmetic, Geometry*, and *Statics:* And the greater Advances we make in those Arts, the more capable we are of considering such things …" (*An Essay on the Usefulness of Mathematical Learning*, en *Syntagma Mathesios: Containing the Resolution of Equations with A New Way of Solving Cubic and Biquadratic Equations, Analytically and Geometrically. Also The Universal Method of Converging Series, After an Easy and Expeditious Manner. Wherein are also treated*

está fundada en observaciones y cálculos. Estos son los principios más ciertos sobre los cuales puede construir el filósofo, y ningún sistema de filosofía natural puede ser construido sin ambos, aunque edificaciones sin ayuda de la geometría sea lo que muestran los diversos sistemas filosóficos[35].

Cuando Keill escribió la *Introductio ad Veram Physicam*, la física cartesiana era el principal adversario del newtonianismo. La aceptación de la nueva física requería mostrar los errores de Descartes, para así despejar el camino a la explicación correcta de la naturaleza. Por ello, antes de introducir la física de Newton, él presenta —en el prólogo y la primera lección— varios argumen-

---

The Series for Trigonometrical Operations; some new useful Properties of Conics; Centre of Oscilation; the direct and inverse Method of the Laws of Centripetal Forces; a Variety of Exponential Equations; with the Investigation of several other abstruse Problems, Etc. To all which is prefixed, An Essay on the Mathematics, London, J. Fuller, 1745, pp. 1-39, pp. 6-7). Para entonces, este punto de vista se ha vuelto un tópico (Cf. Bentley, R., *Eight Sermons Preach'd at the Honourable Robert Boyle's Lecture, in the First Year MDCXCII*, *The Sixth Edition, To which are added, Three Sermons: One at the Public Commencement, July 5, 1696, when he proceeded Doctor in Divinity; another before the University,* Nov. 5, 1715, *and one before his late Majesty King George I, Feb. 3, 1711, Cambridge, 1735. Reimpresos en Bentley, Sermons Preached at Boyle's Lecture; Remarks upon a Discourse of Free-Thinking; Proposals for an Edition of the Greek Testament*; etc. etc., Alexander Dyce, Editor, London, Francis Macpherson, 1838, Sermon VIII, *A Confutation of Atheism from the Origin and Frame of the World*, p. 179: "[...] the Creator of heaven and earth, who always acts geometrically, by just and adequate numbers, and weights, and measures."). Las matemáticas han mostrado su utilidad en astronomía y óptica, pero no sólo en esas disciplinas, sino en muchas otras (*An Essay on the…*, cit., pp. 9 ss.), de manera que la filosofía natural necesita de las matemáticas, y es absurda la pretensión de ciertos filósofos de hacer filosofía natural ignorándolas: "From what I have said, I shall draw but one Corollary, that a natural Philosopher without Mathematics is a very odd sort of a Person, that reasons about things that have *Bulk, Figure, Motion, Number, Weight, &c.* without *Arithmetic, Geometry, Mechanics, Statics, &c.* I must needs say I have the last Contempt for those Gentlemen, that pretend to explain how the Earth was framed, and yet can hardly Measure an Acre of Ground upon the Surface of it." (*Ibid.*, pp. 14-15). Lo último es una alusión a Burnet y a William Whiston, autor de *A New Theory of the Earth*, London,1696, quien también había propuesto una explicación mecanicista de la génesis del mundo (y tal vez incluso a Bentley).

35 La filosofía natural es aquella "which is founded on observations and calculations, both which are undoubtedly the most certain principles, that a Philosopher can build upon. It is in vain to think that a system of Natural Philosophy can be framed without the assistance of both, for without observations we can never know the appearances and force of nature, and without Geometry & Arithmetick we can never discover, whether the causes we assign are proportional to the effects we pretend to explain." Keill., *An Examination of…*, cit., pp. 21-2.

tos en contra de las principales tesis del cartesianismo[36] . En primer lugar, reiterando una crítica de *An Examination of Dr. Burnet's Theory of the Earth,* Keill afirma que la filosofía cartesiana *no es una filosofía mecánica que demuestre matemáticamente los fenómenos*. La ambición de Descartes de dar una explicación mecánica de la naturaleza, desarrollada matemáticamente, no fue lograda por este sino por Newton, *y para poder hacerlo fue necesario abandonar la filosofía mecánica propuesta por Descartes*, porque en la mayoría de lo que han escrito los cartesianos —aquí no sólo se refiere a los *Principios de Primera Filosofía* de Descartes, sino a otros textos cartesianos, como la *Física* de Rohault— hay muy poco mecánico aparte del nombre[37]. En segundo lugar, los cartesianos emplean

36 Aunque los cartesianos hayan abrazado la sombra de la filosofía en vez de su substancia, no han faltado aquellos que se han esforzado en descubrir las verdaderas leyes de la naturaleza y en investigar a partir de ellas las causas de las cosas por medio de principios mecánicos. Entre los antiguos, la *Introduction to Natural Philosophy* menciona al "divino" Arquímedes; después de él la filosofía mecánica se mantuvo en la oscuridad hasta hace poco, con Roger Bacon, Cardano, Galileo (quien, "having by the means of Geometry penetrated into the Secrets of Nature, framed a new Science of Motion, and Shewed a Method whereby the Mechanical Causes of Things might be discovered") Torricelli, Pascal, Huygens, Boyle, Wallis, Halley y, sobre todos ellos, Newton: "I should proceed in enumerating the Merits of others towards the real Philosophy, if I did not find myself obliged to stop, to mention the great Inventions of Sir Isaac Newton, whose prodigious Genius has laid open more and abstruser Mysteries of Nature, than men could ever have hoped for: but since it is imposible to comprehend his Discoveries within the narrow Limits of this Preface, we shall only undertake to say this much, That what all our Predecessors from Time immemorial have handed down to us concerning the Mechanical Philosophy, does not amount to the tenth part of those Things, which Sir Isaac Newton alone, through his vast Skill in Geometry, has found out by his own Sagacity." (Keill., *Introduction to Natural…*, cit., prefacio, pp. ix-x.). No menciona ni a Tycho Brahe, ni a Kepler. Como la mayoría de los manuales newtonianos, el de Keill no da un lugar muy prominente a Kepler debido a que el propio Newton no lo hace en los *Principia Mathematica*. Los *Elements of Physical and Geometrical Astronomy* de Gregory, mencionados a continuación por Keill como "A Work that will last as long as the Sun and Moon endure," son una notable excepción a esto. (Ver la introducción de I. Bernard Cohen a la Reimpresión de la obra de David Gregory, *The Elements of Physical and Geometrical Astronomy.* To which is Annex'd, *Dr. Halley's Synopsis of the Astronomy of Comets*, 2 Vols., New York, Johnson Reprint Corporation, 1971, Reimpresión de la edición de 1726, Vol. 1, pp. iv-xxii, pp. xviii-xxi.). Esta obra es un comentario sobre Newton y Halley para el lector no especializado, que, aunque hace mucho olvidada, a decir de I. Bernard Cohen (*Ibid*., p. xxii) constituye un erudito y útil compendio del pensamiento astronómico del siglo XVII y antes.

37 "Although now-a-days the Mechanical Philosophy is in great Repute, and in this Age has met with many who cultivate it; yet in most of the Writings of the Phi-

postulados que no dan cuenta de los efectos que quieren explicar, no son ciertos y son más complicados que los mismos efectos[38]. Para ilustrar este punto, Keill expone una crítica a la explicación cartesiana de los movimientos de los planetas, basada en los razonamientos de Newton. Siguiendo a los *Principia Mathematica,* la *Introductio ad Veram Physicam* substituye a la física de los vórtices por una explicación de los movimientos de los cuerpos celestes a partir de una fuerza atractiva, la gravedad. En la *Introductio ad Veram Physicam*, Keill no se pronuncia acerca de la causa de la atracción, pero siete años después (en 1708) la presentó como una de las propiedades esenciales de la materia, no reducible a una explicación mecánica a partir de impulsos[39]. Antes de mencionar las

---

losophers, there is scarce anything Mechanical to be found besides the Name. Instead whereof, the Philosophers substitute the Figures, Ways, Pores, and Interstices of Corpuscles, which they never saw; the intestine Motion of Particles, the Colluctations and Conflicts of Acids and Alkalies, and the Events that thence arise [Cf. Descartes., *Principes de la*…, cit., Vol. IX-2, II, 22, p. 75, 34, p. 82; III, 48-52, pp. 126-129, 82-93, pp. 148-156; IV 6-14, pp. 204-206, 61, p. 234, 201, p. 319, 203, pp. 321-22. Rohault, *A System of Natural*…, cit., Vol. 1, I, caps. 21,pp.113 y ss., 22, pp. 118 y ss.], they relate so exactly, that there is nothing but a Belief wanting in the *History of Nature*, as often as they set forth the Miracles of their subtile Matter [Cf. Descartes., *Principes de la*…, cit., II, 22, pp.75-6; III, 24-37, pp. 112- 119, 60 y ss; pp. 133 y ss; IV, 22-27, pp. 211-215. Rohault, *A System of Natural*.., cit., Vol. 2, II, chap. 25, pp. 64 y ss.]: I say, Miracles, for certainly that must be a sort of a Miracle, which happens contrary to the well known Laws of Nature, and the established Principles of Mechanics; as would be all the Phenomena of Nature, if they were produced by a subtile Matter, an the Method of Operation that is delivered by the Philosophers." Keill., *Introduction to Natural*…, cit., prefacio, pp. iii-iv. Los corchetes son nuestros. Aunque Keill no los nombra, los filósofos a quienes se refiere son Descartes y seguidores de éste como Rohault. Cf. "Quamvis nunc dierum celebretur Philosophia Mechanica, & insignes in hoc aevo obtineat sui cultores; in plerisque tamen physicorum scriptis, vix quicquam mechanicae praeter ipsius nomen inveniri potest. In cujus locum substituunt philosophi corpusculorum, quae nunquam viderunt, figuras, vias, poros & interstitia, partium intestinum motum, pugnas & conflictus Alkali & Acidi, & quid boni malive exinde oritur ita ad amussim narrant, ut nihil in historia naturali preater fidem desideretur, quoties materiae subtilis miracula preadicant; miracula dico, nam illud proculdubio miraculi instar est, quod contra passim notas naturae leges, & stabilita mechanicae princia evenit; qualia futura essent omnia naturae phaenomena, si à materia subtili & methodo operandi à physicis tradita producerentur." Keill, J., *Introductio ad Veram Physicam,* prefacio, b.

38 *Ibid*., prefacio; *Introduction to Natural Philosophy*, prefacio, p. iv.

39 Keill., "Epistola ad Cl. virum Gulielmum Cockburn, Medicinæ Doctorem. In qua Leges Attractionis aliaque Physices Principia traduntur", 1708, en *Philosophical Transactions (1683-1775)*, Vol. 26, 1708-1709, pp. 97-110, p. 97.

objeciones de este manual contra los vórtices, debemos detenernos en las dos críticas generales contra el cartesianismo.

La primera concierne al supuesto carácter errado, alejado de la experiencia y fantasioso de la física cartesiana, en virtud del cual no sería en realidad una filosofía mecánica. En vez de apoyarse en los verdaderos principios mecánicos (descubiertos por Newton), el cartesianismo propone entidades y procesos que no han sido observados, a partir de los cuales deduce una serie de eventos, de manera tal que es difícil creer en la historia natural propuesta por Descartes. Su filosofía no es mecánica, porque no verifica en la experiencia las entidades y explicaciones que postula (incluso recurre a explicaciones milagrosas de los fenómenos a partir de una materia sutil —el famoso éter cartesiano), no se basa en los principios descubiertos por Newton y no incorpora a la geometría. Lo último quiere decir que no logra expresar en el lenguaje de esta ciencia relaciones entre conceptos físicos, derivadas de la experiencia, que constituyan leyes generales de los fenómenos y a partir de las cuales se demuestren matemáticamente fenómenos particulares. A pesar de que Descartes intenta construir una *mathesis universalis*, los newtonianos lo critican —no sin razón— por no emplear la matemática en la ciencia natural. Esto se entiende porque hay una divergencia entre lo que Descartes y un newtoniano como Keill encuentran primordial en la matemática respecto de su aplicación a otras ciencias. En Descartes es el método, esto es: el procedimiento, constituido por un encadenamiento intuitivo-deductivo; en Keill es el objeto (la figura y la cantidad) y la forma de expresión que en consecuencia tienen las proposiciones matemáticas. Para los newtonianos no se trata de que la física tenga la forma de un encadenamiento deductivo a partir de principios intuidos por el espíritu, sino de que sus principios provengan de la experiencia y sean expresados matemáticamente para poder demostrar igualmente sus consecuencias. Ahora bien, y en defensa de Descartes, debemos decir que su física no deja de ser mecánica por causa de sus errores. Él es uno de los instauradores de la filosofía mecánica porque propone una explicación general del mundo sobre la base de la extensión y el movimiento, comunicado mediante causas eficientes, y reducidas por él a impulsos; además, buscando claridad y distinción en la física, Descartes elimina las formas substanciales (y con ellas la causalidad final).

Mediante la aplicación del método, que empezó a desarrollar en las *Reglas para la dirección de los ingenios* (publicadas póstumamente en 1701)[40], y dio a conocer por primera vez en el *Discurso del Método*[41], Descartes pretende fundar toda la filosofía, incluyendo la física, sobre nuevas bases. Estas han de ser principios evidentes[42], que el espíritu aprehende mediante un acto simple e infalible, la intuición[43], y de los cuales se deducen, ordenadamente, sus consecuencias[44]. Se trata de un encadenamiento intuitivo-deductivo, desde lo más simple y fácil de conocer, que son las naturalezas simples, hacia lo más complejo y difícil de conocer[45]. Lo esencial de la ciencia es el método que acabamos de ver, y su cumplimiento no necesita que los principios tengan la forma de expresiones geométricas o aritméticas, cuyas consecuencias también sean expresadas en términos de magnitudes, sean estas figuras (p. ej., líneas, como en la geometría) o cantidades (números, como en la aritmética). El primer principio de la filosofía, la verdad más evidente en el orden cartesiano de las razones, es el *cogito*[46], que no es una verdad relativa a la figura o la cantidad, ni está expresada de esa manera, como tampoco lo son sus consecuencias. La idea rectora del método es no admitir como verdadero sino lo que es evidente[47]. En las *Regulae* Descartes encuentra que de esta manera sólo proceden la aritmética y la geometría[48]. Y por ello toma la decisión de no aceptar como verdaderos sino los conocimientos que pertenecen al tipo matemático (es decir: cuyas conclusiones sean evidentes, o deducidas a partir de evidencias; el criterio no consiste en que versen sobre magnitudes)[49]. Estos son la aritmética y la geometría, entre las ciencias ya constituidas, y entre las que todavía

---

40 Descartes., *Règles pour la direction de l'esprit*, Traduction et notes par J. Sirven, Paris, Librairie Philosophique J. Vrin, 1996.

41 Descartes., *Discours de la Méthode*, texto y comentario de Étienne Gilson, 4ª edición, París, Librairie Philosophique J. Vrin, 1967, 2ª parte, pp. 18-19

42 *Ibid*., p. 18; *Règles pour la direction de l'esprit*, III, pp. 11 y ss.

43 *Ibid*., III, IV, pp. 11 y ss., 18 y ss.

44 Según la 3a regla, que concierne al orden. Descartes., *Discours de la*…, cit., pp. 18-19.

45 *Ibid*., *Règles*…, cit., VI, pp. 31-2 y ss.

46 Descartes., *Discours de la*…, cit., IV, p. 32; Descartes., *Meditations*, en *Oeuvres de Descartes*…, cit.,Vol. IX-1: II, p. 19; *Ibid., Principes de la Philosophie*, Vol. IX-2: I, 7, p. 27.

47 Descartes., *Discours de la*…, cit., p. 18; Descartes., *Règles*…, cit., II, pp. 5-6.

48 Los únicos conocimientos ciertos que reconoce en las *Règles pour la direction de l'esprit*, II, pp. 7, 8, y cuyo proceder es, por encima del de la lógica, la mayor inspiración para las reglas del método. *Ibid*., *Discours de la Méthode*, II, pp. 17-18.

49 Descartes., *Règles pour la*…, cit., III, pp. 13-17.

no lo están, todo aquello que pueda conocerse con la misma certeza que la aritmética y la geometría, mediante la aplicación del método[50]. Es bien sabido que esta es la tarea que se impone Descartes, y no necesitamos exponer aquí el camino que conduce desde el *cogito* a la distinción entre el *alma* y el *cuerpo* (cuya esencia es determinada por la extensión), que es el principio de la física mecanicista de la extensión y el movimiento[51], y de todas las ciencias que se derivan de ella[52]. Es muy diferente la concepción newtoniana, que reconoce el encadenamiento deductivo, pero insiste en la formulación de los principios de la filosofía natural como leyes —basadas en la experiencia— que expresan relaciones entre conceptos de magnitudes.

Ahora bien, sí, como acusa Keill, sus postulados son falsos, no dan cuenta de los fenómenos y son más complejos que estos, el cartesianismo no ha realizado su pretensión de constituir una física cierta. Los primeros principios de la física cartesiana no son empíricos, sino hallados por el espíritu, que los concibe clara y distintamente[53], lo cual no quiere decir que Descartes pensaba que se podía constituir toda la física prescindiendo de la experiencia[54], sino que la única evidencia que podemos aceptar es la de nuestra razón[55]. Lamentablemente, muchos de los detalles de la física expuesta en los *Principios de Filosofía* arrojan dudas acerca de la capacidad de la intuición del cartesianismo para aprehender verdades evidentes. En diversas ocasiones, la intuición cartesiana condujo a premisas incorrectas, a las cuales siguieron conclusiones desatinadas. La determinación de la esencia del cuerpo como mera extensión[56], dejando a un lado la impenetrabilidad y la inercia, ya anuncia las dificultades

---

50 La extensión del método matemático a la filosofía es expuesta por primera vez en el *Discours de la Méthode*. Sobre esto ver el comentario de Gilson a su edición del *Discurso*, p. 201.

51 Cf. esp.: Descartes., *Discours de la Méthode*, IV, V; *Meditations*, II, V, VI, *Principes de la Philosophie*, I, II.

52 La unidad de las ciencias es una de las tesis centrales de Descartes. Cf. *Règles pour la direction de l'esprit*, I, pp. 1-2; *Discours de la Méthode*, II, pp. 11-16; y la carta prefacio a la traducción francesa de los *Principios de la Filosofía*. Sobre la fundación de las demás ciencias (con la excepción de la metafísica, que es la ciencia fundamental) a partir de la física, ver *Principes de la Philosophie*, prefacio, p. 14, donde aparece el famoso pasaje del árbol de las ciencias.

53 Descartes., *Discours de la…*, cit., IV, p. 33.

54 Cf. Descartes., *Règles pour la direction…*, cit., V, p. 30 ; *Discours de la…*, cit., VI, pp. 63-5.

55 Cf. *Ibid*., p. 39.

56 Cf. Descartes., *Principes de la…*, cit., II, 4, p. 65, y 9, p. 68.

inherentes a una intuición que podía tomar por realidades lo que tal vez no eran sino percepciones de contenidos subjetivos de la mente. Además, sin el respaldo de la experiencia, y en sentido más estricto: de experimentos (la carencia de experimentos que prueben el sistema fue una de las quejas contra Descartes), esta intuición podía conducir a conclusiones fantásticas y arbitrarias. Así, cuando sólo una de las siete reglas cartesianas de la colisión fue confirmada, las pretensiones de esta intuición se revelaron claramente como insostenibles. Por ello, Keill tiene razón en cuanto a la falsedad de muchos postulados cartesianos.

Cuando se refiere a la mayor complejidad de los mismos, él tiene en mientes que los vórtices son un dispositivo muy complejo para dar cuenta de los movimientos de los planetas, de hecho más complicado que los mismos movimientos. Esta es una grave acusación contra una filosofía que pretende partir de verdades evidentes que se presentan al espíritu de manera clara, distinta, y son más simples que las conclusiones que se deducen de ellas. Si los principios son más complejos que los efectos, entonces no son simples, no pueden ser conocidos por una intuición y tampoco pueden explicar aquello que debería ser más complejo que ellos, ya que los supone en su explicación. Como esta debería reducir lo más complejo a lo más simple, la acusación de Keill equivale a un rechazo del cartesianismo y sus pretensiones metodológicas: Descartes falta a sus propias reglas del método. Aquí se confunde nuestro autor, porque los vórtices no son los principios de la física cartesiana, sino que ocupan un lugar intermedio en la explicación mecánica de las causas de los movimientos planetarios —y de todo lo que ocurre en el mundo material— a partir de principios simples, como la extensión y el movimiento. La ley de gravitación, en cambio, es fundamentalmente descriptiva, y Newton no se interesó mucho en reducir los movimientos planetarios a causas más simples, aunque tampoco postuló la atracción como cualidad simple de la materia. En este sentido, si bien no logra hacerlo de manera convincente, la física cartesiana intenta la explicación de los fenómenos a partir de unos pocos principios de gran simplicidad. En otro sentido, Keill tiene razón en cuanto a que la explicación cartesiana de los movimientos de los planetas parte de principios que son más complejos que los mismos movimientos, ya que las bases de la misma, los vórtices, aunque no sean los principios de la física de Descartes, son principios de manera relativa, ya que lo son respecto de dicha explicación (desde el punto de vista lógico, son las premisas de la explicación de los movimientos de los planetas).

3.- La crítica a la doctrina cartesiana de los vórtices.

Después de que se hizo imposible seguir sosteniendo la cosmología aristotélica, fue necesario explicar los movimientos de los planetas sobre la base de las mismas leyes del movimiento que rigen en la tierra, dejando a un lado la idea de que el movimiento circular pertenecía naturalmente a los cuerpos perfectos[57]. Con esta finalidad, Descartes postuló un sistema de vórtices fluidos, que se extiende indefinidamente, lo cual explica la rotación de los planetas alrededor del sol; y para dar cuenta del movimiento mismo de los planetas propuso un mecanismo de impulsión[58]. Pero en los *Principia Mathematica*, Newton

57 Idea que proviene de Aristóteles, *De Caelo*, I, 2, 269 a; ver también: II, 7, 289 a, en *The Works of Aristotle*, Vol. II, translated into English under the editorship of W. D. Ross, 1a edición, Oxford, Oxford at the Clarendon Press, 1930. Sobre la astronomía aristotélica Cf. Dreyer, J. L. E., *A History of Astronomy from Thales to Kepler,* antes titulada *History of the Planetary Systems from Thales to Kepler*, New York, Dover Publications Inc., 1953. Re-publicación de la edición original de 1906, Cap. V, pp. 108-22.

58 La idea de los vórtices es vieja en la historia de la filosofía. Se atribuye a Leucipo haber propuesto una versión de la misma (Diógenes Laercio, Aecio) para explicar la formación de innumerables mundos, la cual versión representa también los puntos de vista generales de Demócrito. La primera etapa en la constitución de un mundo se da cuando una gran colección de átomos llega a aislarse en una gran porción de vacío, y la segunda cuando los átomos forman un vórtice. Los átomos más grandes se agrupan en el centro del vórtice, mientras que los más pequeños son lanzados y una especie de "membrana" (o vestido) lo circunda todo. Otros átomos entran en contacto con la parte extrema de la masa giratoria y son lanzados dentro de la membrana. Algunos llegan a inflamarse por efecto de la velocidad de la revolución y constituyen los cuerpos celestes; en cambio, los de mayor tamaño permanecen juntos en el centro y forman la tierra. Cf. Kirk, G. S., y Raven, J. E., *Los Filósofos Presocráticos, Historia Crítica con Selección de Textos*, Madrid, Gredos, 1969, fragmentos 562, 563, 564, 575, pp. 569 y ss. En esta explicación hay reminiscencias de Anaxágoras, quien pensaba que el *Nous* ("la Mente", uno de los principios de todas las cosas, entidad que él lucha por imaginar y describir como incorpórea, pero, considerando como sus predecesores que el criterio último de realidad es la extensión en el espacio, termina por considerar corpórea) iniciaba un vórtice y las partículas semejantes se juntaban para formar cuerpos; *Ibid.*, fragmentos 503-507, pp. 518 y ss. Las ideas de los atomistas tienen algunas similitudes con la teoría cartesiana de los vórtices, que

objetó la doctrina cartesiana de los vórtices. La sección IX del segundo libro de esta obra investiga el movimiento circular de los fluidos[59]. Newton arguye que ni la forma elíptica de las órbitas de acuerdo con la ley kepleriana de las áreas[60], ni la ley de los tiempos periódicos[61], pueden ser explicadas por la doctrina de los vórtices. En las proposiciones 51 y 52, Newton examina vórtices

---

está expuesta en los *Principes de la Philosophie*. Descartes afirma que la materia del cielo es líquida y los cielos transportan con ellos todos los cuerpos —ente ellos la tierra y los planetas— que contienen. (Descartes., *Principes de la*…, cit., III, 24, 25-28, pp. 112-13). La materia del cielo gira circularmente como un torbellino que tiene al sol en su centro, o como los remolinos en los ríos : "Apres auoir osté par ces raisonnemens tous les scrupules qu'on peut auoir touchant le mouuement de la Terre, pensons que la matiere du Ciel où sont les Planetes, tourne sans cesse en rond, ainsi qu'vn tourbillon qui auroit le Soleil à son centre, & que toutes les Planetes (au nombre desquelles nous mettrons desormais la Terre) demeurent tous-jours suspenduës entre les mesmes parties de cette matiere du Ciel. Car par cela seul, & sans y employer d'autres machines, nous serons aisement entendre toutes les choses qu'on remarque en elles. D'autant que, comme dans les destours de riuieres où l'eau se replie en elle-mesme, & tournoyant ainsi fait des cercles, si quelques festus, *ou autres corps fort legers*, flotent parmy cette eau, on peut voir qu'elle les emporte & les fait mouuoir en rond auec soy ; & mesme, parmy ces festus, on peut remarquer qu'il y en souuent quelques-vns qui tournent aussi autour de leur propre centre ; & que ceux qui sont plus proches du centre du tourbillon qui les contient, acheuent leur tour plustost que ceux qui en sont plus éloignez ; & enfin que, bien que ces tourbillons d'eau affectent tous-jours de tourner en rond, ils ne décriuent presque jamais des cercles entierement parfaits, & s'estendent quelquefois plus en long, & quelquefois plus en large, de *façon que toutes les parties de la circonference qu'ils décriuent, ne sont pas également distantes du centre*. Ainsi on peut aisement imaginer que toutes les mesmes choses arriuent aux Planetes; & il ne faut que cela seul pour expliquer tous leurs phainomenes." *Ibid*., III, 30, pp. 115-16. Sobre la historia de la teoría de los vórtices, desde Descartes hasta Fontenelle, pasando por Huygens y Leibniz, junto con la crítica de Newton Cf. Aiton, E. J., *The Vortex Theory of Planetary Motions*, London, Macdonald, 1972.

59 Newton., *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, traducción al inglés por Andrew Motte, 1729, revisada por Florian Cajori, University of California Press, Berkeley, California, 1934, Book II, section IX, pp. 385 y ss.

60 Esto se refiere a la primera y segunda leyes de Kepler. De acuerdo con la primera ley, los planetas giran alrededor del Sol en órbitas elípticas en las que el Sol ocupa uno de los focos de la elipse. La segunda ley prescribe que las áreas barridas por el radio vector que une el centro del planeta con el centro del Sol son iguales en lapsos iguales; como consecuencia, cuanto más cerca está el planeta del Sol con más rapidez se mueve.

61 Esta es la tercera ley de Kepler, que establece que la relación de la distancia media de un planeta al Sol, x, elevada al cubo y dividida por el cuadrado de su periodo orbital, t, es una constante, es decir: x^3/t^2 es igual para todos los planetas. Esto quiere decir que $t \propto x^{3/2}$.

infinitos producidos respectivamente por la rotación de un cilindro infinito y de una esfera sólida concéntrica, en un fluido uniforme e infinito[62], y llega al resultado de que el tiempo periódico del primer vórtice es proporcional a la distancia del centro, y el tiempo periódico del segundo vórtice es proporcional al cuadrado de la distancia desde el centro. En ambos casos se contradice la tercera ley de Kepler, que requiere que el tiempo periódico sea proporcional a $x^{3}/^{2}$ (donde x es la distancia desde el centro)[63]. Otra objeción es la siguiente:

62 Newton., *Principia Mathematica*…, cit., II, IX, Props. 51 (Teor. 39), 52 (Teor. 40), pp. 385 ss., 387 ss.

63 La rotación del sólido produce un vórtice, que puede considerarse como dividido en capas concéntricas; el sólido hace una impresión continua en la primera capa del fluido, esta en la segunda, y así sucesivamente. Si x es el radio —o distancia desde el centro— de una de las capas (cilíndrica o esférica), v la velocidad de esa capa y c es una constante, Newton llega a la conclusión de que en el caso del vórtice producido por el cilindro sólido, $v = c$ (*Ibid.*, II, IX, Prop. 51, p. 386), de lo cual se sigue que $t \propto x$, donde t es el tiempo periódico; y en el caso del vórtice esférico, $v = c/x$ (*Ibid.*, Prop. 52, p. 388), que tiene como consecuencia que $t \propto x^2$. Para que el vórtice cumpliera con la *tercera ley de Kepler*, la potencia de la distancia tendría que reducirse de 2 a 3/2, lo cual requeriría que la materia del vórtice sea más fluida cuanto más alejada del centro, o que la resistencia debida a la falta de lubrificación en las partes del fluido, por el aumento de la velocidad con la cual las partes del mismo se separan entre ellas, aumente en mayor proporción que aquella con que aumenta la velocidad. Pero esto no le parece razonable. (*Ibid.*, Prop. 52, Scholium, pp. 393-4). Para una discusión de la crítica newtoniana a los vórtices, Cf. Aiton., *The Vortex Theory*…, cit., pp. 110 y ss. A pesar de estos argumentos, los cartesianos no abandonaron inmediatamente los vórtices. Se defendieron señalando que los dos teoremas newtonianos descansaban sobre supuestos arbitrarios. Por ejemplo, en una defensa de los vórtices presentada en 1709 ante la Academia de Ciencias de París, J. Saurin critica a Newton por asumir que el fluido es perfectamente uniforme, "and every where of equal fluidity, and of a resistance on the side of the surfaces, in the ratio of the velocity. But if we suppose the fluidity to augment in proportion as it recedes from the centre, or a resistance greater than in the ratio of the velocity, we shall find without difficulty the same proportion that is given by the rule [la 3a ley de Kepler]". Saurin, J., "An examination of a considerable difficulty proposed by M. Huygens, against the Cartesian system of the cause of gravity", en *The Philosophical History and Memoirs of the Royal Academy of Sciences at Paris: or, An Abridgement of all the Papers relating to Natural Philosophy*, which have been pubish'd by the Members of that Illustrious Society. With many Curious Observations relating to the Natural History and Anatomy of Animals, &c. Illustrated with Copper-Plates, Translated and Abridged by John Martyn, Vols. I-V, London, John and Paul Knapton, 1742, Vol. III, No. 29, pp. 201-219, p. 219. Y a diferencia de Newton, Saurin no piensa que para descartar esta explicación vortical, baste con declararla no-razonable: "What we say here has not escaped Sir Isaac Newton's exactness; he has expressly observed it; but he contents himself with saying these suppositions would not be reasona-

un cuerpo sólido no puede permanecer en la misma órbita a menos que tenga la misma densidad del fluido, en cuyo caso giraría de manera circular, como lo hace el fluido, ya que las partes del vórtice no pueden girar en elipses[64]. Keill ya incorporaba las críticas de Newton en su *Examination of Dr. Burnet's Theory of the Earth*. Allí mencionaba el argumento referente a los tiempos periódicos de los cuerpos que son arrastrados por un vórtice[65]. Por otra parte decía que si la tierra fuese transportada en un vórtice, se movería más rápido en el afelio (cuando está más lejos del Sol) que en el perihelio (cuando está más cerca del sol), lo cual es contrario a la experiencia y la observación[66]. Sobre la base de

---

ble; and tho' the last is incontestable he chooses rather to consider gravity as a quality inherent in bodies […]" *Ibidem*.

64 La Proposición 53 sostiene que los cuerpos que giran en órbita en un vórtice tienen la misma densidad que el vórtice, y por lo tanto se mueven igual que las partes del vórtice en cuanto a velocidad y dirección del recorrido. (Newton., *Principia Mathematica*…, cit., II, IX, Prop. 53, p. 394). Por ello es evidente que los planetas no pueden ser arrastrados por vórtices, ya que ellos giran en elipses que tienen un foco en el sol (de acuerdo con Kepler, aunque Newton lo atribuye a la hipótesis de Copérnico), y sus radios trazados hacia el foco situado en el sol describen áreas proporcionales a los tiempos (segunda ley de Kepler), lo cual es ajeno al movimiento de los vórtices. (*Ibid*., Schol., p. 395). Según las leyes astronómicas, el planeta que gira alrededor del sol se moverá más lentamente en el afelio (cuando está a la distancia más grande del sol) y más rápidamente en el perihelio (cuando está más cerca del sol). Pero según las leyes mecánicas —que rigen los vórtices— se moverá más rápidamente en el afelio que en el perihelio, lo cual contradice los fenómenos [y por lo tanto la 2ª ley de Kepler]. *Ibid*., pp. 395-396. En el prefacio a la Segunda edición (1713) Cotes ajusta al razonamiento del escolio a la Prop. 53 lo siguiente: Los planetas (y cometas) se mueven con velocidad y dirección variables, por lo cual las partes del fluido celeste que están a la misma distancia del sol se mueven a la vez en direcciones distintas y con velocidades distintas, ya que unas tendrán la velocidad y dirección necesarias para que puedan circular los planetas, y otras para los cometas; pero esto no puede ser explicado por medio de los vórtices. *Ibid*., p. XXVIII.

65 "The great Philosopher of this age, the most Ingenious and Incomparable Mr. Newton by his great and deep skill in Geometry, has shewed that the periodical times of all Bodies which swim in a Vortex, must be directly as the squares of their distances from the center of the Vortex [*Ibid*., II, IX, Prop 52, p. 387 ss., ver nota 142]. But it is evident from observations, that the Planets in turning round the Sun, observe quite another sort of a law than this, for the squares of their Periodical times are always as the cubes of their distances [Se refiere a la 3a ley de Kepler, ver nota 140], and therefore since they do not observe the law, which of necessity they must, if they swim in a Vortex, it is a demonstration that there are no vortices, in which the Planets are carried round the sun." Keill., *An Examination of Dr*…, cit., pp. 16-7. Los corchetes son nuestros.

66 *Ibid*., p. 17. Este argumento es presentado por Newton en los *Principia*, II, IX,

estas objeciones concluía que la doctrina cartesiana de los vórtices era absolutamente falsa, con lo cual pensaba que se caía todo el sistema de la física cartesiana[67].

La acusación contra los vórtices de la *Introductio ad Veram Physicam* es que estos contradicen a casi todas las leyes de la naturaleza[68]. En primer lugar, no hay manera de explicar la causa del movimiento circular de la materia sutil en el vórtice alrededor de la tierra[69]. Aún si se admiten los remolinos cartesianos, el vórtice terrestre debe girar a la misma velocidad que la tierra, de lo cual se sigue que, si se calculan los tiempos de caída de los cuerpos, de acuerdo con ese supuesto, resulta una nueva violación de las leyes de la mecánica, pues un cuerpo descendería quince pies por segundo[70]. La defensa cartesiana tradicional frente a esta objeción era suponer la rotación de la materia etérea mucho mayor que la rotación de la tierra. Pero esto tampoco explica mecánicamente la gravedad, ya que la materia de los vórtices se mueve en círculos paralelos al ecuador, y las direcciones de las fuerzas centrífugas resultantes siguen líneas paralelas a los planos de esos círculos. En consecuencia, todos los cuerpos deberían caer en esos planos, en dirección perpendicular al eje terrestre, pero no a la superficie de la tierra, lo cual es un efecto contrario a las leyes de la mecánica[71], y a la experiencia. Tampoco es posible concebir como podría moverse la materia sutil de los vórtices, no en círculos paralelos al ecuador, sino en círculos sobre una esfera, como suponen los cartesianos para explicar la caída de los graves, perpendicular a la superficie terrestre, en cualquier lugar del planeta[72]. Por estas razones, en la *Introductio ad Veram Physicam*, Keill denuncia a la filosofía cartesiana, que aunque presume haber deducido la gravedad de la acción de una materia sutil por medio de leyes mecánicas, lo ha hecho

Prop. 53, Schol., pp. 395-6.Ver nota 143.

67 Keill., *An Examination of Dr…*, cit., p. 17.

68 Keill., *Introductio ad Veram…*, cit., praefatio, p. b; *Introduction to…*, cit., Preface, p. v.

69 *Ibid.*, p. b-b 2; *Ibid.*, p. v.

70 Lo cual equivale a una velocidad de 4.57 metros por segundo (*Ibid.*, p. b 2; *Ibid.*, pp. v-vi), mientras que la velocidad de la caída libre de los cuerpos (sin tomar en cuenta la resistencia del aire) es de 9.8 metros por segundo después de 1 segundo de caída a partir del reposo, de 2 x (9.8 m/seg) = 19.6 m/seg después de 2 segundos de caída, de 3 x (9.8 m/seg) = 29.4 m/seg después de 3 segundos de caída, y así sucesivamente.

71 *Ibid.*, p. b 2; *Ibid.*, p. vi.

72 *Ibid.*, p. b 2; *Ibid.*, pp. vi-vii.

erróneamente, a diferencia de la filosofía mecánica propuesta por Newton, que ha dado una explicación correcta de la gravedad y su ley.

4.- Conclusiones.

De acuerdo con lo que hemos expuesto, John Keill presenta a la geometría como fundamento de la filosofía de la naturaleza y requisito de admisión a la misma, en tanto —al hacer posible su medición— permite el conocimiento de las fuerzas naturales. Este punto de vista es característico de Newton y sus seguidores. En cambio, aunque el cartesianismo valora programáticamente el papel de las matemáticas, en la física de Descartes, de acuerdo con los autores newtonianos, hay poca matemática. Por ello, Keill la denuncia, destacando los logros de la aplicación de las matemáticas a la filosofía natural, que han permitido corregir muchos errores del cartesianismo. Ahora bien, lo que Descartes considera fundamental en la aplicación de las matemáticas es el método, constituido por un encadenamiento intuitivo-deductivo, que él extiende a toda la filosofía, incluida la física, con lo cual cree haber logrado una matemática universal. El punto de vista newtoniano es otro. De acuerdo con Keill —junto con otros newtonianos y siguiendo a Newton— lo central es que los principios de la física tengan la forma de expresiones matemáticas, a partir de las cuales se pueda demostrar —matemáticamente— sus consecuencias.

Keill piensa que la física cartesiana no es mecánica, en lo cual se equivoca, ya que la física cartesiana sigue siendo una física mecanicista, aún cuando haya errado muchas explicaciones. Descartes hizo la contribución fundamental de fundar filosóficamente la física mecanicista sobre la base de la extensión y el movimiento, comunicado mediante causas eficientes y reducidas a impulsos, eliminado de esta manera a las formas substanciales y cualidades de la física escolástica. Sin embargo, muchos de los detalles de la física expuesta en los *Principios de filosofía* arrojan dudas acerca de la capacidad de la intuición del cartesianismo para —sin el respaldo de experimentos ni de la experiencia— aprehender verdades evidentes que sirvieran de principios, y esto constituyó una grave deficiencia. Las dificultades de la física cartesiana se revelan, por ejemplo, en su explicación de los movimientos de los planetas mediante vórtices, que fueron mostrados como erróneos a partir de una consideración matemática de esta hipótesis que la encontró reñida con la experiencia y, en particular, con las leyes de Kepler.

Sin duda, una de las contribuciones más importantes de los *Principia Mathematica* es su teoría de la gravitación universal, en la cual Newton presenta una consideración matemática de la atracción que permite demostrar los fenómenos de la gravitación, por lo cual fue apreciada por Huygens y Leibniz. Ellos, no obstante, demandaron una explicación mecánica de la atracción, arguyendo que de ella era necesario conocer la causa. En 1708, inspirado por la teoría de la gravitación de Newton, John Keill propuso una doctrina de las fuerzas atractivas, mediante la cual intentó dar cuenta de fenómenos tales como la cohesión, la dureza, la fluidez, la elasticidad de los cuerpos, y diversos procesos químicos, entre ellos, la disolución de las sales en el agua y la fermentación. Esta doctrina repercutió sobre las concepciones de la materia y las doctrinas químicas producidas en Inglaterra durante la primera mitad del siglo XVIII y expuestas por varios autores, entre ellos: John Freind, Francis Hauksbee y John Harris, y, más tarde, por el holandés Willem Jacob'sGravesande. George Cheyne había propuesto en 1705 una doctrina de las fuerzas atractivas de la materia, influida por las *Boyle Lectures* dictadas por Richard Bentley en 1693, y el propio Newton había especulado acerca de estas fuerzas en la edición latina de la *Óptica* aparecida en 1706, sobre todo en las *cuestiones* con las cuales concluye dicha obra, pero sin ocuparse de la causa de las diferentes atracciones. Pero la idea de que la materia tenía fuerzas atractivas que actuaban inmediatamente a distancia suscitó críticas filosóficas tan pronto como fue introducida. Contra esta doctrina reaccionaron Leibniz y sus seguidores, entre ellos Johann Bernouilli y Christian Wolff, pues la consideraron contraria al mecanicismo y una manera de reintroducir en la filosofía natural las cualidades ocultas de la escolástica. En cambio, la doctrina de las fuerzas atractivas de los newtonianos ejerció gran influencia sobre los puntos de vista de Kant acerca de las fuerzas de la materia en la naturaleza, que —con ciertas transformaciones— él mantuvo desde el periodo precrítico de su pensamiento hasta los *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft* de 1786. Por otro lado, las ideas de los newtonianos acerca del papel de las matemáticas y la experiencia en la ciencia de la naturaleza también pasaron a Kant, y las encontramos ya en su periodo pre-crítico; por ejemplo, en el prefacio de la *Monadologia physica* de 1756[73] , obra que, en varios aspectos, se encuentra bajo cierto influjo de los trabajos de Keill[74].

Universidad Simón Bolívar
gsarmv@usb.ve

73 Kant., *Methaphysicae cum geometria iunctae usus in philosophia naturali, cuius specimen i. continet monadologiam physicam*, Praenotanda, en Immanuel Kant, Werke in sechs Bänden, Weischedel, W. (Ed.), Wissenschafliche Buchgesellschaft, Darmstadt, 1983, Vol. I., p. 516. Sin embargo, a diferencia de Newton y Keill, Kant intenta conciliar este punto de vista con la aspiración, proveniente de las filosofías de Descartes y Leibniz, de conocer el origen y las causas de las leyes de la naturaleza descubiertas mediante la experiencia y en la interpretación geométrica de ésta. *Ibid.*

74 He mostrado esto en otro lugar: Sarmiento, G., "On Kant's definition of the monad in the Monadologia physica of 1756", *Kant-Studien*, 96 Jahrg., 1, pp. 1-19, pp. 1, not. 6, 2, not. 7 y 10, not. 60.