



**Universidad Nacional
Autónoma de México**



**Facultad de Filosofía y
Letras**

De la filosofía natural a la física: la crítica de
Newton a la filosofía natural cartesiana.

Tesis

que para obtener el título de

Licenciada en Filosofía

presenta

Guadalupe Razo Luna

Asesora: Dra. Laura Aurora Benítez Grobet

Ciudad Universitaria, enero de 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A mis padres
con mucho cariño**

Índice

Agradecimientos	5
Introducción	6
Capítulo I. René Descartes	
1. Bases de la filosofía natural cartesiana	
1.1. Problema de las ciencias	10
1.2. Método	11
1.3. Base metafísica de las ciencias	13
1.4. La identidad materia-extensión como base de la filosofía natural cartesiana	15
1.5. Descartes bajo la vía de reflexión epistemológica	18
2. Filosofía Natural	
2.1. Mecanicismo	21
2.2. Espacio	24
2.3. Dios como fundamento. La hipótesis del nuevo mundo	27
2.4. Plenismo	29
2.5. Lugar	32
2.6. Movimiento	35
2.7. Teoría de los elementos	42
2.8. Leyes	45

Capítulo II. Isaac Newton

1. Bases de la filosofía natural newtoniana	
1.1. Comunicación de la ciencia. Las instituciones científicas	65
1.2. La fabricación de instrumentos y la visión matemática del mundo	66
1.3. Los problemas de la filosofía: la delimitación a problemas físicos	67
1.4. Método científico newtoniano	69
2. Filosofía natural newtoniana	
2.1. Primer momento: <i>Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos</i>	76
2.1.1. La visión de la naturaleza en Newton	77
2.1.2. La materia	78
2.1.3. Crítica al movimiento de los cuerpos	80
2.1.4. Espacio	92
2.1.5. Conclusión del primer momento. Vía de reflexión crítica	99
2.2. Segundo momento: <i>Los principios</i>	100
2.2.1. Espacio	101
2.2.2. Materia	105
2.2.3. Espacio vacío	107
2.2.4. Movimiento	108
2.2.5. Fuerzas	110
2.2.6. Leyes	116
2.2.7. En defensa del espacio absoluto	119
Conclusiones	125
Obras consultadas	129

Agradecimientos

Esta tesis hubiera sido prácticamente imposible sin el apoyo de mi asesora la Dra. Laura Benítez en quien he encontrado la motivación, las ideas y el apoyo que fueron imprescindibles para la presente investigación. Muchas gracias por su paciencia, dedicación a mi trabajo, por ser mi guía y por alentar a muchas generaciones a incursionar en esta noble y bella disciplina.

De igual forma, quedo en deuda con mis sinodales: Ricardo Vázquez, Maricruz Galván, Rogelio Laguna y Viridiana Platas. No sabría cómo retribuir el tiempo y paciencia que han dedicado a mi trabajo. Su dedicación, críticas y comentarios no sólo han nutrido mi trabajo sino que me han inspirado para continuar trabajando al ser claros ejemplos de disciplina y amor por su profesión.

Personalmente, quiero agradecer a mi familia por toda la paciencia. No hay manera en que pueda compensar todo lo que han hecho por mí; por todas las veces que me han ayudado, comprendido, apoyado, aconsejado, en fin, por haber estado conmigo en todo momento y por haber hecho de mí lo que ahora soy. A mis padres, gracias a ellos, he aprendido que las cosas tienen que hacerse con dedicación pero sobre todo con honestidad y amor gracias por todo y sobre todo gracias por permitirme ser su hija. A mis queridos hermanos Liz y Quique por ser mis amigos y compañeros en la vida, tienen mi amor incondicional.

Agradezco también a todos mis amigos. A Ana Laura, por tantos años de amistad, cariño y apoyo. A Vero, Lupita, Dulce, Alan, Arody, Claudia, Gonzalo y Elizabeth, por todos los años de amistad, risas, diversión y por las conversaciones que siempre me incitan a pensar más allá de las cosas y me hacen crecer como persona. A mis estimados colegas y amigos: Claudia, Astrid, Marlene, Jatziri, Clarita, Fabiola, Carolina y Vianey por todo el apoyo, aliento y cariño que me han brindado en este proceso, tanto académico como personal. En fin, he tenido la fortuna de conocer extraordinarias personas a todas ellas les agradezco el haber formado parte de mi vida.

No menos importante, expreso un profundo agradecimiento a la UNAM. Sinceramente, no tendría palabras para expresar la dicha que tengo por pertenecer a esta institución sobre todo a la Facultad de Filosofía y Letras, donde he encontrado a muchos profesores que no sólo me han formado intelectual y académicamente sino que han sido claros ejemplos de compromiso, responsabilidad y ética en su quehacer filosófico.

Introducción

A pesar de la emergencia de las diversas teorías físicas en la actualidad no cabe duda que tanto la física clásica como el considerado padre de la misma se ubican en un lugar altamente privilegiado. En efecto, suele considerarse a Newton como uno de los más grandes científicos de la época moderna debido a su extraordinario talento en los campos de la física y las matemáticas. El gran éxito que el pensador inglés obtuvo en el campo de las ciencias físicas, formó una idea de *científico* que prevalece en la imaginación popular y en los libros de texto¹. Por supuesto, Cohen y Smith señalan que, sin demeritar el valor de su genio, en cuanto se refiere a los estudios que se han realizado sobre Newton abunda una gran cantidad de mitos que han inculcado al público ideas falsas sobre él, considerando dos versiones de Newton: la versión genuina y la versión de leyenda.² De la misma manera, considero que la figura de leyenda no se encuentra completamente desligada de la versión genuina. Sin embargo, también creo que si atendemos a una visión histórica del mismo obtendremos un estudio más amplio, profundo y enriquecedor.

Por tal motivo, en esta tesis se hará un análisis de los orígenes de lo que conocemos como física clásica. Quiero precisar que en el siglo XVII los estudios que se realizaban sobre la naturaleza eran denominados —“filosofía natural” de igual forma que los que se dedicaban a ellos eran considerados —“filósofos de la naturaleza”. Así, Newton trabajó desde la tradición de la filosofía natural y finalmente, estableció la teoría física actualmente estimada. La pregunta que me interesa responder en este trabajo es: ¿Cuál fue uno de los principales factores que posibilitó el cambio de la filosofía natural a la física clásica?

A diferencia de lo que asumen algunas de las versiones positivistas en relación al desarrollo científico, yo considero que el realizar un estudio histórico de las ciencias nos conduce a afirmar que los cambios científicos no sólo son posibles por el genio de los llamados *científicos* sino que hay condiciones históricas, políticas, teóricas y sociales que condicionan la perspectiva desde la cual trabaja el científico. Ciertamente, existen pensadores que consideran que el desarrollo científico está condicionado, Thomas Kuhn por mencionar un ejemplo. Por tal motivo, para dar respuesta a esta pregunta es necesario considerar tanto la versión genuina de Newton como la versión genuina de su filosofía natural. En efecto, no cabe duda que los estudios y los avances que logró este célebre no sólo son atribuidos a su genio – el cual tampoco sería justo demeritar –. Existe

¹ Cfr. Janiak, Andrew, —Newton’s Philosophy” en *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2004, p. 1

² Claro está, ambos autores afirman que a pesar de los mitos, Newton no deja de ser una figura de proporciones legendarias Cfr. Cohen, Bernard y Smith, George, —Introducción” en *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, United Kingdom, 2004, p. 5

toda una tradición que motivó a este genio a ofrecer sus ideas sobre la estructura del mundo. Algunas de sus influencias fueron las ideas del filósofo: René Descartes.

No pongo en cuestión que existieron otros filósofos de la naturaleza, matemáticos, astrónomos etc. que influyeron en el pensamiento de Newton. Empero, en el presente trabajo me enfocaré en las influencias que tuvo del filósofo francés. En efecto, a pesar de que Newton discrepó en muchos de los postulados de Descartes, no cabe duda de que sin la influencia de éste (entre otros) no se hubieran dado las ideas newtonianas de la física. La hipótesis que sostengo es que la crítica realizada por Newton al concepto de espacio cartesiano fue un recurso clave para que Newton construyera su sistema físico.

En calidad de *filósofos de la naturaleza* tanto Newton como Descartes tenían un objetivo en común: explicar los fenómenos de la naturaleza. Aun si ambos analizaron, entendieron, argumentaron, justificaron y fundamentaron sus perspectivas de forma distinta, lo cierto es que fueron personalidades sumamente interesadas en el desarrollo científico de sus respectivas épocas; tenían la profunda convicción de que el estudio de la naturaleza les permitiría ampliar sus conocimientos y desentrañar las leyes que rigen al universo. Ciertamente, el estudio de naturaleza no se agota en el concepto de espacio. Lo que sugiero aquí es que este concepto adquiere un valor significativo en la medida que hace posible el paso de la filosofía natural a la física clásica, de una postura mecánico-cinemática a dinámica.³

El concepto de espacio que concibe Descartes es el sustento de su filosofía natural. Resuelto a buscar una filosofía comprensiva que llegue a la verdad a través del uso de la razón, el filósofo francés considera que la mejor manera de hacerlo es fundamentando el conocimiento.⁴ Así, todas las ciencias, incluida la ciencia de la naturaleza, partirán de la metafísica. Llevado a cabo este proyecto, la primera conclusión y punto de partida que obtiene para la filosofía natural es el concepto de espacio. El estudio metafísico que realizó lo llevó a la primera premisa y fundamento cartesiano de la filosofía natural: la materia es idéntica a la extensión.

Newton, quien en un principio se mostraba interesado por la filosofía natural de Descartes, no tardó en notar algunas inconsistencias en su propuesta y que existía una continua ambigüedad e imprecisión de sus conceptos; especialmente el concepto de *espacio*, algunas veces definido como la extensión de un cuerpo – en largo, ancho y profundo – y otras veces como el espacio que ocupa el cuerpo entre los cuerpos circundantes. Además, la íntima relación que guardan los conceptos concernientes a la propuesta de la filosofía natural cartesiana propició una inexactitud que permea en la mayor parte de su teoría.

³ Cabe destacar que si bien no es el único factor o condicionante en el presente trabajo explicaré por qué fue uno de los más importantes.

⁴⁴ Cfr. Copleston, Frederick, *Historia de la Filosofía*, vol. 4, trad. Juan Carlos García, Ariel, España, p. 73.

Por esta razón, el objetivo general de este estudio es reivindicar la crítica de Newton al concepto de espacio cartesiano como uno de los principales detonantes en el paso de la filosofía natural a la física clásica. Particularmente, considero que si bien, la filosofía natural cartesiana presenta algunos problemas, adquiere un valor altamente significativo en la medida que Descartes fue uno de los mayores influyentes en Newton. En efecto, la que hoy conocemos como física clásica debe mucho a los pensadores y teorías previas, aquí se analizará cómo la filosofía natural cartesiana, en cierta medida, hizo posible el proyecto científico newtoniano. Por otra parte, este análisis histórico nos conduce a un objetivo derivado: que el surgimiento de las nuevas teorías científicas se encuentra condicionado.

Ambos objetivos pueden ser comprendidos por lo menos en los siguientes ejes: metafísica, epistemología y filosofía de la ciencia. Los dos primeros son, en su mayoría, concernientes al primer objetivo, mientras que el último da cuenta del objetivo derivado. Considerando que los dos primeros forman parte del objetivo principal de este trabajo serán los principales ejes de mi investigación. Por el contrario, quiero advertir que, por tratarse de un objetivo derivado, las aseveraciones concernientes al eje de filosofía de la ciencia (vg. las condicionantes teóricas, históricas políticas y sociales presentes en el quehacer científico la complementariedad y no eliminación de las teorías previas, la posibilidad de interpretar los fenómenos de diferente manera etc.) serán consideradas como conjeturas derivadas de este trabajo, por lo cual, quiero advertir que este último eje únicamente orientará la perspectiva histórica desde la que está planteada mi investigación. El método utilizado para esta investigación será analítico-sintético. Este trabajo se encuentra dividido en dos capítulos.

En el primero, analizaré la propuesta de Descartes. El principal objetivo de este capítulo es argumentar que la identidad establecida por Descartes entre la materia y la extensión es el sustento del cual se deriva su filosofía natural. Por ello, este capítulo estará dividido en dos partes: en la primera, daré cuenta de las bases de la filosofía natural cartesiana, es decir, explicaré cómo emerge, describiré cuáles fueron las motivaciones del filósofo que lo impulsaron a llevar a cabo esta propuesta, cuáles eran los problemas que en su época quería resolver y cuál es el método que permitirá guiar al estudio de la naturaleza para resolverlos. Sobre todo, destacaré que la solución que propone es fundamentar las ciencias naturales a partir del establecimiento de una base metafísica para las ciencias.

En la segunda parte del primer capítulo, describiré cómo Descartes intenta deducir su filosofía natural de la metafísica no sin antes hacer mención de las teorías científicas más representativas de su época y cómo éstas influyeron en su propia propuesta. Se mostrará el camino recorrido por Descartes y el desarrollo y caracterizaciones que irán adoptando cada una de sus

teorías y conceptos. Finalmente, haré mención de los problemas y aciertos que presenta, lo cual será manifiesto al término de este primer capítulo.

En el segundo capítulo, expondré la filosofía natural newtoniana. Este capítulo tendrá como propósito mostrar cómo la crítica al concepto de espacio cartesiano motivó al filósofo inglés para desarrollar su propia propuesta. De igual manera, este capítulo será dividido en dos partes. En la primera parte, enunciaré las condiciones sociales y teóricas que impulsaron la filosofía natural newtoniana, así como los problemas a resolver y el método propuesto por Newton haciendo constantemente una relación con Descartes.

En la segunda parte, explicaré el desarrollo que tuvo la filosofía natural newtoniana y cómo su propuesta fue trazando el panorama de lo que hoy conocemos como física clásica. Para ello, dividiré mi trabajo en dos momentos: el deconstructivo y el constructivo. En el primero, me enfocaré en la crítica realizada por Newton al concepto de espacio cartesiano, en qué consiste dicha crítica y cuál es la dirección a seguir, haciendo notar los primeros esbozos que constituirían la física clásica en los cuales, como veremos, subyacen algunos rasgos metafísicos respecto a su concepto de espacio.

En el segundo, mostraré cuál es la propuesta newtoniana y cómo intenta hacer frente a la filosofía natural cartesiana, cómo justifica que su teoría puede resolver los problemas que habían quedado inconclusos o cuyas justificaciones no le habían satisfecho haciendo un especial énfasis en los elementos que fueron tanto criticados como retomados por el físico inglés.

Para este trabajo me he enfocado en las dos obras más importantes de filosofía natural tanto de Descartes como de Newton. La edición castellana de las obras consultadas de Descartes son: *El mundo o tratado de la luz* y *Los principios de la filosofía* siendo Laura Benítez y Gregorio Halperín sus respectivos traductores. Por otra parte, he consultado la edición en castellano del manuscrito de Newton *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos* igualmente traducido por Benítez y *Principios matemáticos de la filosofía natural* traducido por Eloy Rada. Para las fuentes que se encuentran en inglés, he realizado la traducción de las mismas en el trabajo mostrando en las notas al pie la versión original de los textos.

Capítulo I

René Descartes

1. Bases de la filosofía natural cartesiana

1.1. Problema de las ciencias

En esta primera parte, expondré los elementos contextuales teóricos que considero fueron relevantes en la construcción de la filosofía natural cartesiana. Mi propósito en este apartado es mostrar cómo su sistema físico está basando en la metafísica. Para ello, describiré cómo Descartes entiende, explica y fundamenta su filosofía natural.

El filósofo René Descartes nació el 31 de marzo de 1596 en la *Haye*. En el año de 1606 inició sus estudios en el recién fundado colegio jesuita de la *Flèche* donde aprendió latín, matemáticas, metafísica entre otras cosas. Más tarde estudió derecho en la universidad de Poitiers. Cuando tenía 22 años decidió dejar Francia y viajar a Holanda donde conoció a Isaac Beeckman quien despertó un profundo interés en el filósofo francés para que se involucrara en las áreas de la filosofía, matemáticas y ciencias. A su regreso a París, se reunió con su amigo el sacerdote Mersenne, el cual se mantuvo en correspondencia con Descartes cuando regresó a Holanda. Mersenne siempre estuvo a cargo de las ediciones en las obras de Descartes y los tópicos que encabezaban las correspondencias eran, en su mayoría, de filosofía.

La filosofía de Descartes se ubica en el siglo XVII, un siglo caracterizado por significativas transformaciones políticas, económicas y sociales que repercutieron considerablemente en la formación de las ciencias. En general, la razón de fe se convirtió en razón de Estado transformando las guerras religiosas en guerras políticas, la intolerancia religiosa en absolutismos y la organización feudal en estados nacionales.⁵ Todos estos cambios repercutieron de igual manera en la secularización de las ciencias. Sin embargo, como en todas las épocas, la ciencia tuvo sus propios problemas por resolver y sus propias críticas. Entre ellas, podemos rescatar las dos principales críticas: el escepticismo y el relativismo. Mientras que el primero sostenía que el conocimiento científico no podía brindar satisfactoriamente evidencias objetivas, el segundo afirmaba que el conocimiento sólo puede llegar a ser probable, las afirmaciones científicas sólo aplicarían a ciertos casos y en ciertas condiciones.

Otra razón que franqueaba la credibilidad de las ciencias empíricas era su falta de progreso. Un claro ejemplo lo podemos encontrar (retomando la cuestión de nuestro interés) en la filosofía natural aristotélica la cual predominó por más de dos siglos y por esta razón la filosofía natural estuvo dominada bajo sus postulados. Así, tal pareciera que en ella misma había encontrado su

⁵ Cfr. Babini, José y Papp, Desiderio, *Panorama general de Historia de la Ciencia*, Tomo VII —La ciencia del Renacimiento: las ciencias exactas en el siglo XVII”, Espasa-Calpe, Argentina, 1954, p. 2.

clímax, mostrando así una falta de progreso científico. Esto quiere decir, no se mostró ningún avance en la investigación científica, no existieron resultados sólidos que permitieran el avance en la investigación. De esta manera, reconocemos por lo menos dos problemas de la filosofía natural: la falta de progreso y de consenso científico.⁶

Éstos son algunos de los problemas a los que tiene que dar respuesta la filosofía natural cartesiana. ¿Cómo podría enfrentar Descartes dichos problemas? Si los puntos principales que aquejan a una objetividad empírica son la falta de condiciones objetivas, entonces lo que el filósofo francés tiene que mostrar es que estas condiciones objetivas son satisfechas y que posibilitarán un conocimiento universal y necesario, es decir, que sea aplicable a toda época y que no dependa de las circunstancias.

1.2. Método

Las motivaciones cartesianas de búsqueda de un fundacionismo epistémico se traducen en la necesidad de encontrar por lo menos, algún principio indubitable. No es fortuito que esta intención del proyecto cartesiano sea la primera cuestión que salga a la luz en su obra *Los principios de la filosofía*. El primer principio es el siguiente: —Eque inquiera la verdad ha de dudar, una vez en su vida, acerca de todas las cosas, cuanto sea posible”.⁷ Este principio devela no sólo las razones que impulsan la filosofía cartesiana sino que abre paso a la vía que conducirá a dicho fundamento incontrovertible éste es: el método cartesiano.

La defensa a proceder metódicamente se explica porque Descartes, en el *Discurso del Método*, sostiene que nuestra razón es única ya que todos nosotros contamos con lo que él denomina el buen juicio:

El buen sentido es la cosa que mejor repartida está en el mundo, pues todos juzgan que poseen tan buena provisión de él [...] En lo cual no es verosímil que todos se engañen, sino mas bien esto demuestra que la facultad de juzgar bien y de distinguir lo verdadero de lo falso, que es propiamente lo que llamamos buen sentido o razón, es por naturaleza igual en todos los hombres.⁸

Por ello, si todos contamos con un buen juicio entonces es posible buscar algún método que nos permita llegar a los principios o fundamentos más básicos.

⁶ Sin embargo, no era una novedad del filósofo francés. Bernal denomina tanto a Descartes como Francis Bacon los profetas de la ciencia moderna, ambos buscaban fundamentos institucionales para una filosofía nueva que fueran aceptables distinguiéndose en la propuesta del método científico. *Cfr.* Bernal, John, *La ciencia en la Historia*, coedición por convenio entre la UNAM y editorial Patria, México, 2005, p. 120.

⁷ Descartes, *Los principios de la filosofía*, trad. Gregorio Halperín, Losada, Argentina, 1997, p.7.

⁸ Descartes, *Discurso del método*, trad. Risiere Frondizi, Caronte, Argentina, 2004, p.13.

Indudablemente, Descartes ha sido uno de los científicos que trastocó la manera de hacer ciencia. Sin embargo, cabe destacar que el término ciencia en aquél entonces estaba más ligado a la filosofía que a lo que nosotros conocemos como ciencia. Como afirma Cottingham en su obra *Descartes*: —Cuando Descartes y sus contemporáneos buscan un término para describir a quienes tienen que ver con la investigación del mundo físico, normalmente hablan de ‘filósofos’ y Descartes mismo con frecuencia se refiere a sus teorías físicas del universo como su ‘filosofía’.⁹

El término latino *scire* (ciencia) significa conocer y debe ser considerado en un aspecto general, totalitario. Por esta razón, resulta inadecuado pensar que Descartes realiza estudios científicos de la misma manera que los científicos trabajan actualmente. La ciencia que aborda Descartes está muy lejos de ser un estudio dedicado a las ciencias particulares, es decir a aspectos específicos de la naturaleza. En aquella época no había una escisión tan marcada de las ciencias como sucede en la actualidad. Por tal motivo, el filósofo no es más que aquél que estudia el saber mismo para comprender todos los aspectos de la realidad.

El método cartesiano persigue la destrucción de impedimentos para el quehacer científico con el fin de construir un sistema científico que logre explicar la realidad. Dicha construcción debe estar sustentada en su andar; ya que, no sería fructífero derivar una ciencia de postulados indubitables si el camino para derivar la ciencia es erróneo.

De esta manera, Descartes haciendo uso del método propuesto llega a un fundamento muy conocido e importante de la filosofía cartesiana, me refiero al *cogito ergo sum*. En efecto, Descartes afirma: —De manera que, habiéndolo sopesado todo exhaustivamente, hay que establecer finalmente que ésta proposición, *Yo soy, yo existo*, es necesariamente verdadera cada vez que la profiero o que la concibo”.¹⁰

Descartes logró ver que hay una diferencia entre el contenido de los pensamientos y el acto mismo de pensar. Aún si suponemos que todos nuestros contenidos mentales son falsos,¹¹ en el acto en que lo estoy pensando se sigue con necesidad que yo, siendo una persona que piensa, existo. Los pensamientos no existen ajenos a quien los piensa. Sólo basta con recordar la definición de pensamiento ofrecida en su obra *Los principios de la filosofía*: —Corel nombre de pensamiento entiendo todo lo que ocurre en nosotros estando conscientes, hasta donde hay en nosotros

⁹ Cottingham, John, *Descartes*, trad. Laura Benítez, FFyL-UNAM, México, 1995, p. 16.

¹⁰ Descartes, *Meditaciones metafísicas*, trad. E. López y M. Graña, Gredos, Madrid, 1997, p. 22.

¹¹ Tal como lo expresa Williams, el propósito de Descartes sólo fue evitar la adquisición de creencias falsas. Sin embargo, no debe considerarse que Descartes afirme que las creencias antes descritas (como las provenientes por los datos de la sensibilidad) sean de hecho falsas. —La estrategia es tender a la certeza mediante el rechazo de lo dudoso. *Rechazar* lo dudoso significa aquí, por supuesto, suspender el juicio sobre ello o, cuando más, tratarlo como falso para los propósitos del argumento y no aseverar que es falso.” Bernard, Williams, *Descartes: el proyecto de la investigación pura*, trad. Laura Benítez, UNAM, México, 1995, p. 35.

conciencia de esos hechos”¹² para notar que los pensamientos siempre son el producto del acto del ser consiente que piensa. De ello se sigue, que el que piensa, existe ¿en qué sentido? como una cosa pensante.

1.3.Base metafísica de las ciencias

El *cogito ergo sum* (pienso por lo tanto existo) no sólo tiene la tarea de ser el fundamento indubitable para las ciencias – como un modelo de verdad y validez; lógicamente válido, ontológicamente verdadero – sino que se establece como la base de la cual se derivará el conocimiento humano. Siendo estrictos con el método cartesiano, lo que sigue es una de las tareas epistemológicas (y a partir de ahora ontológicamente comprometida) más desafiantes.

Siguiendo el método cartesiano, se continúa con la síntesis del problema. Finalmente, lo que se buscaba en este estudio es ofrecer un modelo científico y dicha tarea se vería truncada si se culmina en este paso. Teniendo únicamente como base certera el *cogito*, Descartes se pregunta ¿quién soy yo? Este cuestionamiento descubre que lo único que lo determina esencialmente es el pensar. Si bien es cierto que él señala ser una unión entre pensamiento y cuerpo, considera al pensamiento como lo que le es esencial. Aunado a la esencia de la *res cogitans* se encuentran todas las operaciones del pensamiento – dudas, deseos, imaginación etc. – de las cuales se hace notar su diferencia con las del cuerpo.

El argumento ofrecido es que nosotros habíamos dudado (metódicamente hablando) de nuestra corporeidad. A diferencia del pensamiento, el cuerpo no resiste la duda cartesiana y por esta razón no es contemplado (junto con sus atributos) bajo el dominio de la sustancia pensante. Dicha diferencia marca uno de los primeros peldaños para la construcción de la filosofía natural cartesiana.

Cabe destacar que la diferencia no sólo es conceptual, epistemológicamente hablando es notoria una diferencia entre el pensamiento y la corporeidad. Todo pensamiento es verdadero en cuanto se esté realizando. Pese al intento del genio maligno por engañar nuestro contenido mental, el hecho de que estemos pensando en algo es completamente cierto. Así, no hay un grado de duda en que estemos pensando algo. Caso contrario sucede con las ideas que tenemos sobre las cosas corpóreas, en los juicios emitidos sobre ellas puede permear la falsedad. De esta manera, se presume al pensamiento y sus actos bajo un nivel epistemológico privilegiado. Por esta razón, podemos deducir otra verdad: la sustancia pensante es diferente de la sustancia extensa.

A lo largo de las *Meditaciones*, Descartes intenta recuperar la objetividad del mundo externo. Contando sólo con las ideas que ha tenido se percata que en ellas hay dos ideas de las cuales no ha

¹² Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 9.

podido ser su causa: la idea de infinitud y perfección. A través de ellas, Descartes deduce que dichas ideas sólo pueden tener su causa en algo perfecto e infinito desembocando así en la idea de una sustancia pensante infinita: Dios. Gracias a la prueba de la existencia de Dios, Descartes logra dar cuenta de cómo la sustancia pensante y corpórea pueden interactuar. Para ello sólo basta la noción que Descartes ofrece de sustancia en los *Principios*:

Por *sustancia* no podemos entender ninguna otra cosa sino la que existe de tal manera que no necesita de ninguna otra para existir. Y, en verdad, sustancia que no necesite en absoluto de ninguna otra sólo puede concebirse una: Dios. Pero percibimos que todas las otras no pueden existir sin el concurso de Dios. Y por eso el nombre de sustancia no conviene a Dios y a ellas *unívocamente*, como se suele decir en las Escuelas, esto es, no puede entenderse distintamente ninguna significación de ese nombre que sea común a Dios y a las criaturas.¹³

Tomando el término aristotélico-escolástico de “sustancia” consideramos dos sentidos del mismo: como un sujeto de predicación o como algo que no necesita de nada para existir. Evidentemente, la única sustancia en este último sentido es Dios, por lo cual se diferencia de las otras sustancias. Esta es una distinción de suma importancia ya que no sólo libera a Descartes de las acusaciones de equiparar a Dios con sus criaturas sino que le permite explicar que Dios, al ser independiente, es ontológicamente anterior a sus creaciones, las sustenta.¹⁴

¿Qué sucede con lo que se conoce como la sustancia pensante y corpórea? Ciertamente, ninguna de las dos puede ser considerada en el mismo sentido que la sustancia divina, ese nombre no concierne a ellas de manera unívoca. Como señala Descartes, la “independencia” de estas sustancias es limitada. Dichas sustancias dependen de Dios ya que no se crearon a sí mismas ni se sustentan por sí mismas. Así, pueden concebirse mas no existir independientemente. Por tanto, contamos con una sustancia creadora y dos sustancias creadas. —Ahora bien, la sustancia corpórea y la mente, o sustancia pensante creada, pueden comprenderse bajo este concepto común: son cosas que sólo necesitan del concurso de Dios para existir”.¹⁵

Por otra parte, Dios, al garantizar la objetividad del mundo externo, posibilita la relación entre la sustancia pensante y el mundo exterior y, al ser una sustancia independiente, hace que los objetos persistan. Por esta misma razón, sólo Dios puede garantizar que podamos conocer el mundo exterior en la medida que se presenta como el que pone orden en el mundo. Si bien, podíamos

¹³ Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 26.

¹⁴ Nótese que, pese a la intención de Descartes de construir una filosofía natural desde principios fundamentados, no pudo evitar recurrir a la terminología aristotélica. Así, como explicaré más adelante, las diferencias entre la filosofía de Descartes y Newton surgirán debido a que, mientras el primero basa su filosofía natural desde una terminología aristotélica, el último estará pensándola en términos neoplatónicos.

¹⁵ *Idem*.

hablar de verdad de los pensamientos al nivel del *cogito ergo sum* (en la medida en que el *cogito* los piensa) no había una relación de los pensamientos con el mundo exterior. Para ser más precisos, no había nada que garantizara que mis ideas correspondían al mundo exterior. Por tanto, la sustancia divina contribuye como una sustancia mediadora entre la sustancia pensante y corpórea siendo su condición tanto metafísica como epistémica.

¿Es viable el argumento ofrecido por Descartes sobre la existencia de Dios? Posiblemente, los argumentos ofrecidos por Descartes contaban con más supuestos implícitos de los que Descartes hubiera querido abastecer su filosofía. Sin embargo, estas cuestiones quedan fuera del alcance de mi investigación. Para el objetivo de la misma, será suficiente hacer mención de los postulados o principios metafísicos y epistémicos que garantizan y son clave para la construcción de la filosofía natural. Así, al ser la sustancia extensa lo concerniente a este estudio profundizaré en lo que respecta a su esencia, su relación con las otras sustancias, así como el conocimiento de la misma.

1.4. La identidad materia-extensión como base de la filosofía natural cartesiana

Este apartado tendrá como propósito mostrar lo que considero la base de la filosofía natural cartesiana, es decir, la identidad que establece el filósofo francés entre la materia y extensión argumentando que la metafísica es la base de la misma. Comenzaré por mostrar la propiedad esencial concedida a las cosas materiales según Descartes.

Así como el *cogito ergo sum* fue el eje de la metafísica cartesiana, el atributo esencial de las cosas corpóreas constituyó el pilar de la filosofía natural cartesiana.¹⁶ Para señalar el atributo esencial de las cosas materiales sería imposible analizar cada una de las que consideramos como cosas materiales y ver cuál es la propiedad que todas comparten. Por tal motivo, Descartes recurre al ejemplo de la cera, analizándola será posible encontrar la propiedad esencial de todos los cuerpos.

Podría pensarse que Descartes hace una injustificada inducción al generalizar la propiedad de un cuerpo a todos los cuerpos materiales; empero, este no es el caso. No se trata de la “cera” como un cuerpo particular, de fondo subyace una abstracción de la misma en la cual se incluyan a todos los cuerpos materiales. Así, la cera no constituye un ejemplo particular sino una abstracción que comprende a todos los cuerpos con el fin de buscar las propiedades de la materia en todas sus manifestaciones. Algo que pareciera ser un simple ejercicio mental resultó ser el punto clave de la

¹⁶ Hay que precisar el papel que toma aquí el término “atributo” en la terminología metafísica cartesiana. Descartes quiere evitar a toda costa cualquier tipo de confusión. Existen diferencias entre los atributos y los modos. Los atributos son aquellos que se encuentran ínsitos en la sustancia mientras que los modos son aquellos que afectan o varían a la sustancia. Siendo que Dios es la única sustancia que no puede cambiar, por lo tanto no cuenta con modos o cualidades únicamente con atributos. *Cfr.* Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 28.

revolución del pensamiento científico. Es impresionante cómo este ejemplo fue la clave para transformar una teoría científica que predominó por siglos y a la vez se convirtió en punto de apoyo para la construcción de una nueva física.

El ejemplo de la cera al que nos introduce Descartes es el siguiente: tomamos un pedazo de cera haciendo una descripción de sus propiedades. Fácilmente notamos su color, textura, olor, figura y magnitud. En caso de acercarla al fuego nos percataremos del cambio de las propiedades antes descritas. Difícilmente diríamos que se trata de otra cera, esta cera deformada responde a la misma que teníamos antes de someterla a las brasas. Preguntarse por la esencia de la sustancia extensa es preguntarse por lo que permanece, por las propiedades que no han cambiado, por lo que se percibe clara y distintamente. Así, concluye Descartes:

La cera misma no era esa dulzura de miel, ni la fragancia de las flores, ni esa blancura, ni la figura, ni el sonido, sino un cuerpo que poco antes veía con esos modos y ahora con otros diferentes. Pero ¿qué es precisamente lo que así imagino? Prestemos atención y, separando las cosas que no pertenezcan a la cera, veamos lo que queda: nada más que algo extenso, flexible, mudable.¹⁷

Con este ejercicio mental, Descartes advierte en esta reflexión que la esencia misma de las cosas materiales es la extensión. Nuestros sentidos no pueden ser totalmente confiables ya que como hemos visto, lo que cambia no puede considerarse como la esencia de las cosas materiales. Lo único que puede tomarse como su esencia es lo que se puede percibir clara y distintamente. La extensión se descubre como la forma esencial de la materia al percibirse (por la mente) como lo necesario en la materia de manera clara y distinta.

¿Qué está tomando por extensión? Hasta este momento en las *Meditaciones*, Descartes entiende la extensión de la materia como el espacio que ocupa en largo, ancho y profundo. La conclusión a la que llegó con el ejemplo de la cera es que todo cuerpo es extenso. Es posible que la cera cambie la magnitud de su extensión pero no por ello podemos decir que, después de haber sido introducida en el fuego, no posea extensión alguna. De esta manera, Descartes establece una identidad fundamental para la construcción de la nueva física: la identidad de la materia con la extensión la cual es el fundamento de su filosofía natural.¹⁸

¹⁷ Descartes, *Meditaciones metafísicas*, p. 27.

¹⁸ Quiero advertir que la definición de extensión que se ha dado, es la definición deducida de los principios metafísicos cartesianos. El propio Descartes reconoce que no está haciendo referencia a la cera en cuanto un objeto físico que se encuentra en el mundo real. La “cera” a la cual se hace referencia en este momento es comprendida bajo un aspecto epistemológico, lo que Descartes denomina: una inspección de la mente. Hasta este momento sólo estamos considerando los cuerpos sin hacer referencia a sus propiedades sensibles. *Cf.* Descartes, *Meditaciones metafísicas*, p. 28. Sin duda alguna, Descartes tiene que dar cuenta de los cuerpos físicos. Ya entrando en materia de la filosofía natural cartesiana veremos que existe una ambigüedad en el

La filosofía natural cartesiana se encuentra íntimamente ligada a la metafísica. Es de suma importancia no pasar por alto las condiciones metódicas ya mencionadas. Si hemos de aceptar como verdadero sólo lo claro y distinto entonces el atributo de la sustancia extensa se presentará y manifestará en la mente sin contener algo más.¹⁹

La importancia de esta identidad en la filosofía natural obliga al filósofo a demostrar en primera instancia el carácter necesario de los atributos esenciales y en segunda, que la extensión es el atributo esencial de la materia y no otro. Descartes señala en *Los principios* que a cada sustancia le corresponde un solo atributo principal, este argumento se basa en un postulado metafísico que dicta: —no ha cualidades o propiedades de la nada”.²⁰ Tenemos ciertos atributos que corresponden a la sustancia corpórea como lo son la forma y el movimiento entre otros, los cuales, bajo este sostén metafísico, nos indican que son atributos de una sustancia. Ciertamente, pueden ser varios los atributos que presuponen a la sustancia extensa pero sólo uno de ellos es su propiedad principal:

Una es la propiedad principal de cada sustancia, la que constituye su naturaleza y esencia, y a la cual se refieren todas las otras. Como la extensión en largo, ancho y profundidad constituye la naturaleza de la sustancia corpórea, y el pensamiento constituye la naturaleza de la sustancia pensante. Pues toda otra cualidad que pueda atribuirse a un cuerpo presupone la extensión y es tan sólo un cierto modo de la cosa extensa; así como también todo lo que hallamos en la mente son tan sólo diversos modos de pensar.²¹

¿Por qué es la extensión y no otro atributo? Descartes no tiene que poner a prueba a cada uno de los atributos, será suficiente considerar en primera instancia a los atributos obtenidos a través de la sensibilidad es decir, a todos los atributos incluidos en las cualidades sensibles. Para ello, sólo bastará con considerar a uno de ellos, en este caso: la dureza. La dureza es un atributo del cuerpo bajo el cual, al momento de tocarlo podemos sentir resistencia del mismo. Fácilmente podemos concebir un cuerpo sin dureza, que sea maleable; por esta razón, la dureza no es una propiedad esencial del cuerpo. En el caso de la extensión, notamos que es imposible concebir un cuerpo que no tenga extensión, todo cuerpo tiene extensión. Por ello, la extensión como atributo principal de la materia se convertirá en la base de la filosofía natural cartesiana.

concepto de espacio físico algunas veces considerado como la extensión del cuerpo mismo y otras por la extensión del lugar que ocupa. Esta ambigüedad será explicada en el punto 2.5.

¹⁹ Tomando en consideración las definiciones ofrecidas por Descartes respecto a las ideas claras y distintas en *Los principios de la filosofía*, Descartes señala: —llamo clara a aquella que está presente y manifiesta a la mente atenta, como decimos que vemos claramente las cosas que, presentes al ojo que las mira, lo impresionan con bastante fuerza y claridad. En cambio llamo distinta a la que siendo clara está tan precisamente separada de todas las otras, que no contiene en sí absolutamente nada más que lo que es claro”. Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 23.

²⁰ Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 10.

²¹ *Ibid.*, p. 27.

Insistiendo en el análisis de la sustancia extensa, señalo que la misma es abordada por Descartes bajo dos ejes: ontológico y epistemológico. Respecto al primero, como ya mencionamos, la sustancia extensa se diferencia de la pensante en la medida en que esta última se establece como lo esencial en el ser humano. Sin embargo, también se diferencia la sustancia extensa de la sustancia divina. De la misma forma que se hace uso de la diferencia de atributos entre la sustancia pensante y corpórea, Descartes diferencia a Dios (o sustancia infinita) de la sustancia extensa. Los atributos de Dios son diferentes a los de la sustancia corpórea, mientras se atribuye que Dios es: eterno, omnisciente, omnipotente, fuente de toda verdad y creador de las cosas, a la materia sólo se asigna la extensión espacial. Respecto al segundo, Descartes señala que el conocimiento es el conocimiento de las causas a los efectos así, al ser Dios la causa de la existencia de las cosas se deduce que la única manera en que podemos conocer a las cosas corpóreas es a través de la deducción del conocimiento de Dios.

Sin embargo, las pretensiones del conocimiento hallan su límite en la imperfección humana, siendo algo que se encuentra inobjetable por el filósofo francés. Pese a que se pueda vislumbrar un tanto decepcionante las posibilidades del conocimiento absoluto, lo cierto es que Descartes afirma que se pueden corregir los errores, sólo basta con tener confianza en la razón madura. Algunos de nuestros errores proceden de: juicios o una mala correspondencia concepto-cosa, etc. Esta mala correspondencia puede explicarse de la siguiente manera: cuando un niño observa un fenómeno tan cotidiano como el amanecer y el anochecer se explica a sí mismo que hay un juego entre el Sol y la Luna en el cual uno se esconde y otro emerge. Al momento de adquirir el concepto de la Tierra como un planeta que gira sobre su propio eje podrá corregir su error. El concepto primitivo (por así decirlo) que tenía de “Tierra” es diferente al nuevo concepto que ha adquirido y que corresponde con la cosa-Tierra.

Dada esta exposición podemos concluir en primera instancia que Descartes sustenta los planteamientos epistemológicos en una metafísica. En seguida, daré un breve resumen y conjeturas que podemos obtener tanto de las líneas epistemológicas como ontológicas bajo las cuales está planteado el conocimiento de la filosofía natural cartesiana.

1.5. Descartes bajo la vía de reflexión epistemológica

Siguiendo la propuesta de Benítez²² insertamos a Descartes bajo una reflexión epistemológica así, destacamos las siguientes tendencias (las cuales hemos visto abordadas en este estudio).²³

²² Cfr. Benítez, Laura, *Descartes y el conocimiento del mundo natural*, Porrúa, México, 2004, cap. 1.

²³ He considerado retomar el estudio de la vía de reflexión propuesto por Benítez ya que es compatible con el propósito de mi trabajo. Benítez define a la vía reflexiva como un estilo de pensamiento que puede ser atribuido a autores de distintos momentos históricos debido a que comparten una serie de supuestos

1. Preocupación por el método. Auxiliado de un escepticismo moderado, el método es la vía bajo la cual tiene que ser dirigido todo estudio científico.
2. El escepticismo señala que únicamente prestaremos atención a lo que podamos entender con claridad y distinción, lo cual implica: el desapego con cualquier teoría física previa (a menos que sea sometida a duda) y al conocimiento determinado por la sensibilidad o sentido común (aun si nos parece cierto lo que observamos) así, nuestros juicios deben ser sometidos a dicho estudio metodológico-epistemológico.
3. Siendo un conocimiento de causas y Dios la causa de toda sustancialidad nos conduce a un conocimiento de “~~ciencias~~”. El conocimiento de la materia será remitido al conocimiento del modo esencial.
4. Debido a nuestra finitud e imperfección debemos tomar en cuenta que el conocimiento tiene un alcance limitado. Sin embargo, si es bien conducida la razón los errores pueden ser corregidos.

Estos puntos están fundados sobre supuestos ontológicos. Esto puede ser percibido en los puntos 3 y 4, los cuales quedan fundamentados por la sustancia divina, tanto nuestra existencia como el conocimiento de ella dependen de la sustancia divina. Así, vemos cómo hay una dependencia tanto ontológica como epistémica de Dios. A propósito de los aspectos ontológicos podemos destacar lo siguiente:

1. Todo lo que existe se haya suscrito a una sustancia, por tal motivo puede ser entendido a través de su esencialidad. Así, todos los atributos tanto de la materia como del pensamiento son comprendidos bajo una sustancia, a su vez, esto implica una homogenización de la materia y de los modos de pensamiento.
2. Tanto la sustancia pensante como la extensa dependen ontológicamente de Dios.

fundamentales. Señala que sirve como un modelo teórico bajo el cual subyacen distintas propuestas filosóficas y que las ventajas de adoptar este modelo son las siguientes: →) una forzada adecuación entre períodos cronológicos y desarrollos filosóficos; 2) la consideración de que toda propuesta filosófica es cancelada o, al menos, superada por una propuesta posterior; 3) el prejuicio de que un único enfoque teórico puede agotar el tratamiento de complejos problemas filosóficos”. Benítez, Laura, “Sobre la noción de materia en el “De aere et aethere” de Isaac Newton”, en *De Newton y los newtonianos: entre Descartes y Berkeley*, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, 2006, p. 143. En efecto, lo que quiero defender es que tanto la filosofía natural de Descartes como la de Newton no se hayan completamente deslindadas. Considero que el paso de filosofía natural a la física clásica fue un proceso. Por tanto, al ser un proceso no hay cabida a conceptos como superación o eliminación de las teorías previas. Se trató de un proceso que se vio influenciado por su contexto.

3. El atributo esencial de la sustancia extensa es la extensión, lo cual establece su identidad.

Una vez expuestos los supuestos epistemológicos y ontológicos cartesianos lo único que queda es esclarecer qué considera Descartes como objetos de la física. El objeto de estudio de la física se distingue del objeto de sensación y del objeto del sentido común. Respecto al primero, Descartes señala que los objetos no son idénticos a la sensación que tenemos de ellos, es decir, que no hay una forma lógica para demostrar que las sensaciones que tenemos de los objetos siempre corresponden a sus propiedades, así como tampoco podemos demostrar que en ningún caso hay correspondencia. El ejemplo expuesto por Descartes es el siguiente: Si pasáramos una pluma en los labios del alguien y éste siente un cosquilleo nada nos justifica en decir que ese cosquilleo se encuentra en la pluma, que lo provocó.²⁴ Así, simplemente argumenta que no podemos asegurar una correspondencia entre el objeto y las sensaciones que tenemos de ellos.

Respecto al segundo, que hay que establecer entre el estudio de la física y lo que nos diría el sentido común. Esta distinción me parece muy pertinente. De hecho, en nuestros días, los físicos tienen muy presente dicha diferencia. Por ejemplo: si sostuviéramos dos globos frente a nosotros y sopláramos en medio de ellos, nuestro sentido común nos diría que los globos se tendrían que separar. Sin embargo, la experimentación y las teorías físicas nos muestra lo contrario, los globos permanecen unidos. Es uno de los tantos casos en los que confrontamos el estudio físico y lo que nos diría el sentido común, mostrándonos una diferencia en los resultados. Dada esta breve contextualización y condiciones metafísicas y epistémicas cartesianas expondré cómo basada en ellas es construida la filosofía natural cartesiana.

²⁴ Cfr. Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, trad. Laura Benítez, UNAM, México, 1986, p. 51.

2. Filosofía Natural

2.1. Mecanicismo

Toda ciencia siempre se haya encaminada a un propósito: resolver un problema determinado de la sociedad. En el siglo XVII las aspiraciones científicas se acrecentaron considerablemente, la resolución de problemas específicos fue remplazada por el anhelo de la comprensión del mundo en su totalidad, abarcando tanto los fenómenos terrestres como los celestes.²⁵

Aunado a esto, las ciencias y la técnica se consolidaron. El desarrollo de la técnica posibilitó el avance de las ciencias naturales. Rioja y Ordóñez señalan al progreso del telescopio como uno de los principales condicionantes al mecanicismo.²⁶ Bajo el mecanicismo el mundo físico es entendido con funciones similares a las de las máquinas, el conocimiento bajo los estándares mecanicistas se caracteriza por estudiar a la naturaleza haciendo uso de las máquinas y no menos importante, el mecanicismo tiende a considerar a todo ser vivo y natural análogamente a las máquinas, es decir, que de igual forma éstos siguen reglas de movimiento. De esta manera, las exigencias teóricas demandadas por el mecanicismo se centraban en dar cuenta de la posición y el movimiento de los cuerpos basándose tanto en los marcos teóricos como en los elementos observacionales.

Otras teorías insertadas en este contexto son la teoría heliocéntrica y el atomismo. Esta última debió su existencia a la reelaboración que se hicieron sobre los escritos de Epicuro y Lucrecio. El atomismo, a grandes rasgos, afirma que el mundo está formado por átomos y que las cualidades que recibimos de las cosas no son más que impresiones subjetivas. Además, se afirmaba que esas cualidades no podían estar separadas de sus sustancias. Sin embargo, el mecanicismo no se estableció como una concepción dominante. En su momento también existía el animismo el cual estuvo en contraposición con el mecanicismo.²⁷

²⁵ Como claro ejemplo tenemos a Galileo. En efecto, Galileo (de quien fue seguidor Descartes) propició el debilitamiento de la física aristotélica. La filosofía natural propuesta por el filósofo griego no apuntaba a la manipulación de la naturaleza. Por otra parte, los descubrimientos de Galileo habían arrojado por resultado que la tierra se mueve. La tarea de Galileo fue dar una explicación a dicho fenómeno aunque ello implicara una renuncia a la filosofía natural aristotélica-escolástica. Para ello, recurrió a demostraciones y experimentos logrando —lo que los otros no habían podido conseguir: formular una descripción matemática del movimiento de los cuerpos.” Bernal, John, *op. cit.* p. 410.

²⁶ Precisamente, el uso del telescopio consolidó una de las mayores caracterizaciones de la ciencia: su carácter mecanicista. A medida que se perfeccionaba el telescopio, se fueron afinando los objetivos del mismo. En efecto, lo que en un principio se construyó con el propósito de explorar la naturaleza de los astros cambió de intención a fin de dar cuenta de la precisión de su ubicación. Esto revela, que los fines posicionales se impusieron ante los fines descriptivos, dejando al telescopio como un instrumento de uso geométrico. *Cfr.* Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *Teorías del Universo*, vol. II —De Galileo a Newton”, Síntesis, España, 2007, p. 110.

²⁷ *Cfr.* Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* cap. 3.

El animismo sostiene que sólo los seres animados son capaces de generar movimiento, es decir, son auto-movientes. La capacidad de movimiento es otorgada por el alma, ella es la que posibilita que los cuerpos realicen ciertas funciones. En resumen, para el animismo toda la materia está dotada de alma, ya que por ella es explicado el movimiento de los cuerpos. Ante esta postura se encuentra el mecanicismo:

La física, terrestre o celeste, no debe buscar sus respuestas fuera del campo que le es propio; de lo contrario, se convierte en psicología (que es lo que tradicionalmente se ocupa del alma). Es preciso desposeer a la Naturaleza de alma, evitando con ello toda forma de antropomorfismo. Como resultado, avanzamos hacia una *filosofía natural mecánica*, de características opuestas al animismo.²⁸

¿Qué significa el mecanicismo? Para entenderlo hay que pensar qué es un artificio u artefacto mecánico. El origen de su movimiento siempre se da a través de una causa externa que lo impulsa a moverse. Además, este movimiento siempre ocurre por contacto nunca a distancia, es decir, siempre tiene que tocarlo un cuerpo. A su vez, los artífices no tienen propósito alguno mas que por el cual fueron diseñados, en dado caso, el propósito es dado por quien lo diseña. De la misma manera el mecanicismo envuelve cuatro prohibiciones:²⁹

1. La acción a distancia.
2. La iniciación espontánea del movimiento.
3. La intervención de agentes causales incorpóreos.
4. Las causas finales.

Aunque, tanto el atomismo como el mecanicismo rechazan el animismo, no por ello son equivalentes. Lo que sí podemos destacar de este contexto es que estuvo dirigido bajo un marco disciplinario inclusivo: —Ha una característica de los autores de este periodo que conviene destacar. Los estudios de astronomía y cosmología estaban encuadrados en un contexto general que abarcaba desde la óptica y la física hasta las matemáticas, de modo que no se daba esa separación disciplinar que se producirá a finales de la Ilustración y que caracterizará a todo el siglo XIX”.³⁰

Dada esta breve explicación contextual podemos esbozar los siguientes puntos:

1. La consolidación de la técnica y de la ciencia.

²⁸ Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 116.

²⁹ *Cfr.* Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 118.

³⁰ Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 43.

2. La ciencia como explicación del todo y no sólo de problemas particulares.
3. Debilitamiento de la física aristotélico-escolástica.
4. Problema de las posturas: mecanicista, animista y atomista.

¿Bajo qué postura se consolida la filosofía natural cartesiana? Hasta este momento, será suficiente con señalar que Descartes sostiene un mecanicismo, rechazando a su vez el animismo y el atomismo conformando así una filosofía natural que compete a un estudio multidisciplinar: metafísica, matemáticas, física, astrología, cosmología, óptica etc. En el punto 2.6 precisaré las características del mecanicismo cartesiano.

En primer lugar cabe destacar que Descartes rechaza el animismo ¿por qué? De acuerdo con la metafísica cartesiana sólo los seres humanos pueden pensar, en este sentido sólo ellos poseen alma. Recordando el argumento cartesiano para llegar al *cogito ergo sum*, Descartes señala que lo que conforma nuestra esencia es el pensamiento debido a que, si nos cortaran alguna extremidad seguiríamos siendo los mismos, nuestra esencia no se perdería. Así, se demarca claramente la diferencia entre la materia y el pensamiento. La materia es divisible, el pensamiento no; mientras la materia es compuesta el pensamiento es simple.

El animismo propone que toda la materia es animada dejando así la siguiente disyunción: o todo es animado o sólo algunas cosas son animadas. Descartes es conducido a optar por la segunda opción. Ahora bien, si sólo los seres humanos tienen alma (al ser seres pensantes) entonces la materia carece de ella y precisamente, aquél cuerpo que carece de alma no es más que una máquina. El dualismo ontológico entraña un dualismo de orden. Las leyes que rigen al pensamiento son diferentes a las que rigen a la materia y por este motivo no debe confundirse su estudio. Las leyes físicas explicarán una naturaleza des-almada, mecánica.

La física cartesiana tendrá entonces el propósito de explicar al mundo bajo estas caracterizaciones mecánicas —se trata de una ambiciosa empresa consistente en poner de manifiesto que el conjunto de los seres naturales tienen una estructura y un funcionamiento que corresponden a los de una máquina”.³¹ En sentido práctico, tampoco conviene asumir el animismo. Dar una explicación sobre una materia animada resulta más complicado ya que, los conceptos físicos se verían mezclados con los conceptos de orden “psicológico”, es decir terminarían introduciendo aspectos mentales a la materia haciendo más confusa la explicación misma. Precisamente, lo que el filósofo francés buscaba era una explicación clara y distinta.

En síntesis, la concepción natural cartesiana se posiciona en defensa de una visión mecánica. El mundo-máquina se presenta como una noción fácil de describir en la medida en que

³¹ Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 125.

funciona como un modelo mecánico. El estudio científico se enfocará en descifrar el modelo mecánico comprendiendo sus elementos constitutivos y su estructura para así descubrir las leyes que se hallan implícitas en ellos.

2.2. Espacio

En este apartado expondré lo que Descartes entiende por espacio, cómo es defendido (o deducido) por el filósofo francés y cuáles son las características que le atribuye al mismo. Hay que tener presente que, dada la identidad entre la materia y la extensión establecida por Descartes, cualquier característica que se dé a la materia se le dará al espacio. Esta exposición la hago con el fin de contrastarla con la postura newtoniana. Veremos que la identidad materia-extensión será el pilar desde el cual el concepto de espacio cartesiano se irá definiendo. De las características que Descartes atribuye a la materia podemos señalar las siguientes:

a) *Impenetrable*

No sólo la noción de naturaleza se vio influencia por el marco teórico metafísico cartesiano. Anteriormente, señalé que Descartes llega a la identidad materia-extensión, siendo ésta el resultado de las condiciones metafísicas:

El análisis cartesiano lleva a concluir que algo es material *si y sólo si es extenso*. —Ser un cuerpo” significa extenderse en las tres direcciones del espacio y, por tanto, tener longitud, anchura y profundidad. La extensión es el atributo que define a la materia y la distingue de la mente. Todo lo material es extenso y a la vez, todo lo extenso es material. Cuerpo y extensión son sinónimos. Éste es el *invariante* que subsiste bajo cualquier cambio, el cual ha resultado ser de carácter *geométrico*”.³²

De esta manera, la noción de espacio se convierte en el sustento de la física cartesiana, de ahí su importancia y la necesidad de su análisis. Sin embargo, dicho concepto ya había sido tratado desde la Antigüedad. Aunque los griegos nunca se plantearon conceptos tales como la infinitud, la dimensionalidad o los problemas de la realidad del espacio:

Los antiguos —los griegos — no salieron nunca de esta primitiva manera de pensar el espacio. Su geometría, su física, su filosofía se basan siempre en la confusión del espacio puro con la extensión limitada. Los antiguos, como la conciencia vulgar, no separan el continente del contenido.³³

³² Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 127.

³³ Güell, Vizconde de, *Espacio, relación y posición*, Calpe, Madrid, 1924, p. 16.

Descartes hace un replanteamiento del concepto de espacio. El contexto teórico facilitó la transformación del concepto por Descartes el cual, aún influenciado por el marco de la filosofía tradicional, recobra la noción aristotélica de extensión – en largo, ancho y profundo –. Los rasgos esenciales de la sustancia son expresados numéricamente, es decir, la sustancia sólo puede ser descrita “esencialmente” en la medida en que se consideran los aspectos cuantitativos. Lo cuantificable de la materia remite a la extensionalidad, sólo ella se puede cuantificar, ésta es expresada en largo, ancho y profundidad. Por esta razón, la materia, al ser idéntica a la extensión, se presenta como un sólido geométrico medible. Descartes afirma: —~~Por~~ en verdad la extensión en largo, ancho y profundidad que constituye el espacio, es absolutamente la misma que constituye el cuerpo”.³⁴

La noción de extensionalidad del espacio revela un carácter geométrico del mismo. En efecto, la geometría es la ciencia dedicada al estudio de la extensión de los cuerpos. Por esta razón, la filosofía natural cartesiana se nutre de la geometría. Una vez más, si asumimos una concepción geométrica del espacio y a su vez de la materia como espacio entonces la materia es vista geoméricamente, es despojada de alma y lo único que podemos obtener de ella son datos de proporcionalidad. En ese sentido, Descartes concibe una física – que se distingue de la aristotélica – en la cual las propiedades de la materia se consideran en su carácter cuantitativo y no cualitativo, siendo los rasgos cualitativos para la tradición los verdaderamente esenciales de la materia y no meramente adicionales.

Por otra parte, en sentido práctico, Descartes tomó una ventaja sobre Aristóteles, una noción meramente geométrica del espacio facilita en gran medida la intelección de un objeto, además de fortalecer la idea de la homogenización de la materia, toda materia no sólo es extensa sino que también es inteligible gracias a su caracterización geométrica: —Si toda la materia es extensión y todo el universo físico no es más que materia, entonces no hay distintos universos con distintas propiedades, sino uno solo con propiedades geométricas semejantes en todas partes”.³⁵

El desapego a la teoría aristotélica es aparente. En la ciencia, ninguna teoría surge aislada de su contexto y siempre hay tanto aspectos rechazados como retomados de la teoría precedente. Descartes aún integra ciertos aspectos de la física aristotélica (más adelante señalaré los rasgos de la física cartesiana que Newton retomará y a los que se opondrá) uno de ellos es la noción de espacio interno. Al ser la extensionalidad inseparable del cuerpo, la extensión del cuerpo no es más que la extensión interna del mismo, lo cual es una clara herencia aristotélica.

³⁴ Descartes, *Los principios de la filosofía natural*, 45-46 pp.

³⁵ Benítez, Laura, *El espacio y el infinito en la modernidad*, Publicaciones Cruz, México, 2000, 127-128 pp.

La matemática de Pappus es bajo la cual se forma Descartes y la que sirve de apoyo para su geometría. Haciendo un análisis de la misma, notaremos dos propiedades que Descartes deduce de la materia basándose en los postulados de la matemática. Sólo basta con pensar en una línea. Las líneas en la geometría carecen de límites; en efecto, en la geometría no podemos ponerle límites a los extremos de una línea ya que ésta puede ser extendida indefinidamente. Del mismo modo, cabe notar que en relación al espacio sólo es posible hablar de indefinición no de infinitud. La razón de esto recae en que Dios es una sustancia infinita, si admitimos que la extensión (como propiedad esencial de la materia) es igualmente infinita, por transitividad Dios sería extenso, lo cual resulta imposible y contradictorio con la metafísica ya establecida.

b) Indefinido

¿Cuál es la diferencia que establece entre infinito e indefinido? De acuerdo a las definiciones ofrecidas en *Los principios* sólo le podemos atribuir infinitud a Dios mientras que, se llama indefinido aquellas cosas a las cuales no encontramos límite.³⁶ La diferencia es tanto epistémica, como ontológica, mientras que de Dios podemos predicar sin duda alguna su carácter infinito de lo demás nunca podemos constatar este carácter por lo que sólo nos concierne prudentemente llamarlo, indefinido.

c) Divisible

Retomando el modelo de la línea destacamos otra característica particular: la divisibilidad. Podemos tomar cierto segmento de la línea y dividirlo, el producto de éste también puede ser dividido y así sucesivamente, puede que lleguemos a una línea muy pequeña pero ésta a su vez, puede ser dividida. Estas características geométricas son llevadas al campo de la física. Por esta razón, la materia tiene dos propiedades geométricas: la ilimitación y divisibilidad. Esta última propiedad aleja a Descartes de ciertos aspectos del atomismo ya que, de acuerdo a la teoría atomista la materia está formada de pequeños y diminutos corpúsculos que son indivisibles. Pese a que Descartes acepta que la materia está conformada por corpúsculos no obstante, afirma que son divisibles a diferencia de la teoría atomista.

¿Puede dividirse la materia hasta el infinito? En sentido teórico la respuesta sería no, principalmente porque, como ya había lo señalado, Descartes atribuye la infinitud sólo y únicamente a Dios. En este caso la materia no puede dividirse al infinito hasta desaparecer, ésta no es una afirmación que nosotros pudiéramos hacer justificadamente. Físicamente, los cuerpos pueden dividirse pero Descartes advierte que no hasta el grado de desaparecer pues las mismas leyes de la

³⁶ Cfr. Descartes, *Los principios de la filosofía natural*, p.16.

naturaleza impedirían que esto sucediera. Así, únicamente podemos hablar de un número indefinido de partículas:

Cada cuerpo puede dividirse en partes muy pequeñas. No quiero determinar si su número es infinito o no, pero al menos es cierto que, desde la perspectiva de nuestro conocimiento, su número es indefinido y que podemos suponer que hay muchos millones de partes en el más pequeño grano de arena que nuestros ojos puedan percibir.³⁷

d) *Contiguo*

Retomando nuestro ejemplo de la línea ¿Qué otra propiedad podríamos obtener? La recta al ser divisible nos indica que los “puntos” por los cuales está formada pueden ser divisibles a su vez, esta característica hace imposible contemplar una continuidad. No hay continuo porque cada segmento puede ser a su vez dividido. Esta propiedad, por transitividad, concierne a la materia extensa, la cual puede dividirse y limitarse una con la otra.

La geometrización de la materia no sólo respecta a las líneas, al igual que en la geometría, para describir la filosofía natural cartesiana también se piensa en el volumen, el conjunto de “líneas” que conforman la superficie de un cuerpo (como cuerpo volumétrico). Sobre esta propiedad ya había señalado que Descartes se refiere a tres mediciones de volumen: largo, ancho y profundo, éstas “encierran” al cuerpo y lo distinguen de los otros. Por esta razón se habla de contigüidad y no de continuidad. Los cuerpos no son continuos, de lo contrario no se distinguirían el uno del otro, pero ello no implica que exista un vacío entre ellos. Básicamente, la nueva propiedad revelada es la de impenetrabilidad. Los cuerpos al ser extensos y tener superficie están “acerrados” y aislados de otros cuerpos.

A manera de resumen: el análisis geométrico de la extensión revela cuatro propiedades que formarán la base de los principios en su física y por tanto de las leyes: división, extensión indefinida, contigüidad e impenetrabilidad de la materia.

2.3. Dios como fundamento. La hipótesis del nuevo mundo

La fundamentación metafísica junto con la dirección teórica-geométrica construirán a su vez a la ciencia física bajo la dirección de la certidumbre anhelada por el filósofo. Una vez establecida la base, Descartes hace el supuesto de la creación del nuevo mundo. En efecto, Descartes se sirve de una hipótesis bajo la cual establece un modelo de la física, el cual, si muestra su carácter consistente, constatará dicha especulación en la física. Como afirma Koyré, Descartes muestra la

³⁷ Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, p. 58.

exposición de un mundo posible. Es un tanto arriesgado llamarlo así porque, precisamente está muy lejos de ser —~~posible~~—. Lo que en realidad quiere hacernos ver – y en ello consiste el argumento – es que ese mundo expuesto es el nuestro y que se comporta de esa manera:

En su [obra] *Mundo*. Descartes nos dice que no va a describir nuestro mundo, será algún otro el cual Dios ha, o pudo haber creado en algún lugar lejos del nuestro, en los espacios imaginarios mas allá de nuestro mundo. Es un truco, por supuesto. Descartes quiere evitar las críticas; además, incluso lo señala en la primera línea, mostrar que este nuevo *mundo*, en el cual no hay nada más que extensión y movimiento, terminará siendo absolutamente indistinguible del nuestro y esto sugiere – sin incurrir en el peligro de ser acusado de impiedad – que las leyes de la naturaleza son suficientes dada su forma actual para ordenar el caos y para construir un mundo – como el nuestro – sin ningún tipo de acto especial.³⁸

Se ha señalado que la construcción de la teoría física ha sido basada en el fundamento de Dios ¿Ofrece razones Descartes para basar el estudio de la física en el fundamento de Dios? Sí, empero, al ser Dios un fundamento metafísico, las razones sopesan en la metafísica misma. En efecto, la propiedad esencial de la sustancia divina es la inmutabilidad, Dios es el que da identidad en el mundo y, por tanto, permite el conocimiento del mismo (más adelante se detallará cómo Dios sirve de fundamento para el movimiento de la materia).

Bajo la construcción de este nuevo mundo (hipotético) carecerá de importancia si en un inicio impera el caos. Dios es completamente capaz de ordenar el mundo. Es más, con el simple hecho de concebir un mundo perfectamente coherente, la perfección divina podría crearlo. Basado en Dios y sus atributos, Descartes intenta establecer una filosofía natural capaz de explicar el mecanismo del mundo.

Si ahí [en la constitución hipotética del mundo] pusiera la menor cosa que fuera oscura, podría suceder que entre esta oscuridad hubiera alguna contradicción escondida que yo no advirtiera, así que sin pensarlo supondría una cosa imposible; por el contrario, si puedo distintamente imaginar todo lo que pongo dentro es seguro que aunque no hubiese nada como tal en el antiguo mundo,

³⁸ In his *Monde*, Descartes tell us that he will not describe *our* world, but another one, a world that God has, or could have, created somewhere, far from us, in the imaginary spaces beyond our world, but another one, a world that God has, or could have created somewhere, far from ours, in the imaginary spaces beyond our world. It is a trick, of course. Descartes wants to avoid criticism; he wants also, and even in the first line, to show that this new *monde*, where is nothing but extension and motion, will turn out to be absolutely indistinguishable from ours and thus to suggest – without incurring the danger of being accused of impiety – that the laws of nature suffice to bring order out of chaos and to build up a world – like ours – without any special act of God given it its present shape. Koyré, Alexandre, *Newtonian Studies*, Harvard University Press, Cambridge Massachusetts, 1965, p. 70.

Dios lo puede crear de todos modos en uno nuevo, ya que es cierto que puede crear todas las cosas que podemos imaginar.³⁹

Dios como fundamento es el que hace posible el ordenamiento de estos corpúsculos bajo leyes. Una vez que las leyes ordenen el mundo, el conocimiento de la materia y el universo sólo consistirá en la aprehensión de las mismas, así el quehacer científico será exponer las leyes mecánicas del mundo.

Pues Dios ha establecido tan maravillosamente estas leyes, que aunque supongamos que él no cree nada más de lo que he dicho, e incluso que no ponga en esto ningún orden ni proporción, sino que componga con esto un caos, el más confuso y embrollado que los poetas puedan describir; ellas [las leyes] son suficientes para hacer que las partes de este caos se desembrollen por sí mismas y se dispongan en tan buen orden que tendrán la forma de un mundo muy perfecto, y en el cual podremos ver no solamente luz sino también todas las otras cosas tanto generales como particulares que aparecen en este verdadero mundo.⁴⁰

2.4. Plenismo

Siendo Dios el fundamento de este nuevo mundo y considerando las propiedades de la materia ¿Cómo se comienza a describir a la materia y a su comportamiento mecánico? La materia es homogénea (puesto que subyace una propiedad esencial en ellas) ilimitada, divisible, impenetrable. Por otra parte, un principio fundamental agregado en *El mundo o tratado de la luz* dicta que la materia se mueve; en efecto, para la creación de las cosas y la composición de las mismas debemos asumir que la materia siempre se halla en movimiento ya que todo cambio implica movimiento. Así, tenemos tres importantes principios:

- 1) No hay nada en ningún lugar que no cambie ya que todos los cuerpos siempre están en movimiento.
- 2) —“Todos los cuerpos, tanto duros como líquidos, están hechos de una misma materia”.⁴¹
- 3) —“Pueden verdad la extensión en largo, ancho y profundidad que constituye el espacio, es absolutamente la misma que constituye el cuerpo”.⁴²

De acuerdo al tercer principio donde halla espacio habrá necesariamente un cuerpo. Al ser a su vez el espacio ilimitado, los cuerpos también lo serán y cuando nos referimos a los cuerpos hablamos de todos los cuerpos, (por 2). Ahora bien, si toda la materia es homogénea y está en movimiento (por

³⁹ Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, p. 81.

⁴⁰ *Ibid.*, 79-80 pp. Los corchetes son de Benítez.

⁴¹ Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, p. 63.

⁴² Descartes, *Los principios de la filosofía*, 45- 46 pp.

1) entonces, no pueden existir espacios que no sean materiales o que estén completamente estáticos. Dichos principios revelan uno de los postulados físicos más importantes de la física cartesiana – y que a su vez dificultó enormemente el desenvolvimiento de la misma – el plenismo. En efecto, la consecuencia inmediata que subyace a estos principios es un universo construido de materia homogénea y en movimiento en el cual todo está completamente lleno de materia, esto quiere decir que no hay espacios vacíos.

Así, la tesis cartesiana rechaza la idea del vacío precisamente porque él afirma que la extensión del espacio no difiere de la extensión del cuerpo, si decimos que hay vacío es igual a decir que ~~ahí~~ no hay extensión ni cuerpo”. La idea le resulta absurda porque el señalar que ahí hay un no-cuerpo extenso es señalar que hay una nada. Por otra parte, de acuerdo a sus postulados metafísicos, todo atributo debe ser atributo de alguna sustancia; siendo que la nada no puede ser adjudicada a una sustancia por definición la nada no existe. El vacío o los espacios vacíos carecen de sentido y son contradictorios bajo estos supuestos. Además, siguiendo la línea de este estudio, notamos que las propias definiciones son las que permiten que la física se desenvuelva de esta peculiar manera:

La identificación total de materia con espacio implica, naturalmente, como en Aristóteles, el rechazo del espacio tridimensional separado de los cuerpos materiales. Al proponer la extensión, como el modo esencial de la sustancia corpórea, no puede haber espacio vacío, pues si algo tiene extensión, entonces es cuerpo y viceversa. De otro modo, para Descartes, el universo todo está tan lleno como puede estarlo y no hay ~~—lgar~~” para el vacío. Ésta es su versión de la teoría del pleno.⁴³

Una nueva diferencia surge entre el atomismo y la filosofía natural cartesiana, mientras el primero admite que los átomos viajan gracias a que existe un espacio vacío la última concierne a un mundo lleno de materia sin espacios vacíos. No obstante, la visión que tiene el atomismo de vacío no es la única a vencer, de fondo se esconde una inclinación humana que considera que el vacío existe. Nuevamente, la física cartesiana tiene que dar respuesta a las propensiones del sentido común. Adicionalmente, existe un fenómeno que podría apoyar a la física del sentido común- la rarefacción ¿Cómo podría explicar la física cartesiana que un cuerpo cambie de forma haciéndose más grande? Por tanto, Descartes tiene la tarea de dar respuesta a estas dos variantes que apuntan a la existencia del vacío: la física del sentido común y el atomismo.

En relación a la primera, Descartes argumenta que el error de la visión del sentido común estriba en la falta de establecimiento del término vacío. ¿Entienden por vacío lo mismo Descartes y la física del sentido común? Ciertamente no, mientras la física del sentido común entiende por vacío

⁴³ Benítez, Laura, *El espacio y el infinito en la modernidad*, p. 115.

una extensión en la que no hay materia (lo cual por definición es imposible para Descartes), él entiende por vacío aquél lugar en el cual no se hay cuerpo alguno. La única alternativa que queda en este estudio es rechazar el vacío como una extensión sin cuerpo y aceptar la noción de vacío como un espacio que *suponemos* vacío. —Lo mismo ha de concluirse del espacio que se supone vacío: puesto que en él hay extensión, por fuerza debe haber sustancia”.⁴⁴

El hecho de que no veamos materia en ciertos lugares no implica ni lógica ni ontológicamente que no exista materia alguna en ese lugar. La física cartesiana se construye basada en aspectos cuantitativos no cualitativos, por ende, el vacío sólo concierne a los aspectos cuantitativos, sería inútil – e insostenible – basar un juicio sólo en nuestros sentidos, decir que hay vacío sólo porque no vemos ningún cuerpo. Por ello, la noción o concepto de vacío sólo puede ser admitido como el lugar en el que no hay ninguna de aquellas cosas que nosotros pensamos deben hallarse en él. —Es vacío el espacio en que no hay nada perceptible, por más que esté lleno de una materia creada y subsistente por sí”.⁴⁵ Por tanto, el vacío no existe, se trata únicamente de espacios vacíos en los cuales no podemos percibir cuerpo alguno mas no es una no-extensión en largo, ancho y profundo.

La segunda objeción a responder corresponde al fenómeno de la rarefacción. La rarefacción es el fenómeno bajo el cual un cuerpo se hace más grande. Sus detractores argumentan que si el cuerpo aumenta de volumen es debido a que el cuerpo y la extensión son distintos, negando el primer principio cartesiano. Por otra parte, al ser la rarefacción una mutación de forma bajo la cual el cuerpo se agranda, esto indica que el cuerpo estaba repleto de intervalos, de “pequeños vacíos” que explican la extensión de un cuerpo. Si hay intervalos en los cuerpos eso quiere decir que hay espacios que son extensos y sin embargo carecen de cuerpo.

Precisamente, la importancia epistémica que adquieren los rasgos cuantitativos sobre los cualitativos son los que le permiten a Descartes defenderse de estas críticas. Nuevamente, hay un error en la interpretación del fenómeno de la rarefacción. Cuando un cuerpo se extiende no quiere decir que había intersticios en él sino sólo decimos que ocupan un espacio mayor. Al extenderse, una sustancia nueva es agregada y ésta a su vez es extensa. Ésta es precisamente la respuesta cartesiana al argumento de la rarefacción.

Descartes hizo frente a las críticas de la física del sentido común y tal pareciera que también lo hizo así frente al atomismo. Pero las razones que tenían cada una en defensa del vacío diferían. Mientras que el primero apelaba a las capacidades perceptivas el segundo apelaba a un sentido lógico. Sin vacío los cuerpos no podrían moverse. ¿Ha respondido Descartes a esta objeción? Hasta

⁴⁴ Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 49.

⁴⁵ *Idem*.

el momento no. Para defender el plenismo Descartes deberá responder a la pregunta ¿Cómo se mueven los cuerpos en el pleno?

2.5. Lugar

Antes de exponer la respuesta cartesiana, es menester precisar las condiciones para el movimiento de los cuerpos, es decir, las condiciones del espacio. En este caso, seguiremos considerando un plano geométrico-matemático es decir, cuando el cuerpo está en reposo. La primera distinción es la que existe entre éste y el lugar ¿En qué consiste esta diferencia, de qué tipo es y qué objetivo tiene? La diferencia consiste en que mientras el espacio hace referencia a la proporción volumétrica el lugar da cuenta de su posición. Lo destacable aquí, es que en la realidad no existe dicha diferencia. Descartes en ningún momento afirma que la diferencia entre extensión y lugar sea real, es decir, que la extensión y el lugar sean ontológicamente distintos. Por esta razón, la diferencia no es más que una operación de nuestra mente; nosotros diferenciamos la extensión y el lugar, es una diferencia en el lenguaje, y por tanto, no hay un compromiso ontológico.

Difieren sin embargo los nombres de lugar y espacio porque el lugar designa la situación más expresamente que el tamaño o la figura; y por el contrario atendemos más a éstos cuando hablamos de espacio. En efecto, decimos frecuentemente que una cosa ocupa el lugar de otra por más que no sea precisamente del mismo tamaño y forma, pero negamos que ocupe el mismo espacio; y siempre que aquella situación varía decimos que varía el lugar por más que el tamaño y la forma permanezcan iguales. Y cuando decimos que la cosa está en este lugar, no entendemos sino que ocupa este sitio entre otras cosas; y cuando añadimos que llena este espacio o este lugar, entendemos además que la misma es de este determinado tamaño y figura.⁴⁶

En cuanto al objetivo, lo que busca Descartes es demostrar cómo un cuerpo puede ocupar un espacio que dejó otro teniendo una dimensión o espacio distinto. La distinción entre espacio y lugar es una distinción modal, de tal suerte que el hecho de que un cuerpo volumétricamente menor a otro ocupe su lugar no señala que en la realidad se hayan dejado espacios vacíos al no tener su mismo volumen. Así, si el espacio y lugar no son diferentes ontológicamente no hay necesidad de postular espacios vacíos. Lugar y espacio son diferentes pero sólo en la medida en que los captamos o significamos, para señalar la ubicación de un cuerpo siempre es necesario considerar esta diferencia.

La distinción modal consiste en diferenciar la ubicación espacial del espacio, en otras palabras, hay una diferencia al decir que *x ocupa este lugar* y que *x ocupa el mismo espacio*. El

⁴⁶ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 47-48 pp.

decir: “*x*” *está en este lugar* implica que ocupa este sitio particular entre otras cosas, ya que todo lo que lo rodea es materia; en cambio, el decir que “*x*” *ocupa el mismo espacio* refiere a lo primero y, además que el espacio que ocupa tiene el mismo tamaño o figura. Tratándose de una distinción modal es necesario insistir en que no hay una diferencia ontológica entre el espacio y el lugar ¿Por qué Descartes dedicaría una parte de *Los principios* en señalar en qué consiste la diferencia modal? Porque si no lo hiciera lo llevaría a una contradicción, ya que si la diferencia fuera real entonces el espacio y lugar serían ontológicamente diferentes, el cuerpo ubicado y la extensión, lo cual resulta una contradicción con el principio metafísico cartesiano que establece la identidad materia-extensión.

Hasta este momento, todo apunta a que el fenómeno de la rarefacción es explicado de manera satisfactoria. No obstante, todavía falta dar respuesta a las demandas del atomismo, las demandas del movimiento de los cuerpos. Siguiendo con el estudio de los cuerpos en reposo, es interesante notar que la dualidad cartesiana no sólo incumbe a la metafísica, dicha característica trastoca el plano de la física. El espacio no es comprendido bajo un sentido unívoco. Al conformar el límite de la figura de un cuerpo no realiza más que una función diferenciadora. El espacio resulta pues, ser el límite del cuerpo y distinguirlo de aquello que no sea él mismo. Por esta razón, considerando a cada cuerpo o extensión obtenemos un dualismo del mismo: su espacio interno y externo. Así, para dar razón de su ubicación también se recurre a una explicación de corte dualista:

Siempre tomamos el espacio como la extensión en largo, ancho y profundidad. Pero a veces lo consideramos lugar interno de la cosa que está en ese lugar, y a veces como lugar externo a la misma. Y en efecto, el lugar interno es lo mismo que espacio, mas el externo puede tomarse por la superficie que rodea inmediatamente al cuerpo situado. Ha de notarse que por superficie no se entiende aquí ninguna parte del cuerpo ambiente sino sólo el límite intermedio entre el cuerpo ambiente y el que es rodeado, y que no es más que un modo; o que, al menos, se entiende superficie en común, que no sea más parte de un cuerpo que del otro y se considere siempre la misma, cuando conserva el mismo tamaño y forma.⁴⁷

El lugar puede considerarse como interno o externo el cual, se haya dividido por la superficie. Sólo bajo la consideración del entendimiento las cosas se distinguen unas de otras, la materia es homogénea pero es distinguible a través del entendimiento. Así, este “dualismo” de lugar permite explicar dos cosas: en primera, la distinción de la materia homogénea, el que podamos distinguir unos cuerpos de otros; en segunda, permite explicar cómo un cuerpo puede estar en reposo aún si los cuerpos circundantes están en movimiento.

⁴⁷ Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 48.

La explicación cartesiana de la ubicación o localización de los cuerpos es un tanto confusa en la medida en que depende de los puntos de referencia a considerar o lo que él mismo llama “*—ds que se miran como inmóviles*”. Para una mejor comprensión, Descartes en *Los principios* describe el ejemplo del navío. Si un navío se encuentra a la misma distancia de las costas puede que la superficie que lo rodea cambie pero, mientras consideremos los puntos de referencia inmóviles – costas – podemos afirmar que el navío no cambia de lugar. En este sentido, bajo la física cartesiana la forma de ubicar los cuerpos dependerá de los cuerpos que miremos como inmóviles, de las descripciones-relativas.

La identidad materia-espacio deriva una negación del vacío lo cual se traduce a la negación de entender al espacio como algo independiente del cuerpo. Si los cuerpos son necesariamente extensión entonces la extensión no puede estar separada de ellos. Por esta razón, la determinación o localización de un cuerpo no será considerada independientemente del mismo, dejando la localización en manos de los cuerpos relativos, circundantes. Como afirma Huggett en su obra *Space from Zeno to Einstein*:

Los lugares podrían en algún sentido estar hechos de materia, pero en realidad son ubicaciones relativas (quizá de una forma específica); las cosas no se ubican en un espacio-materia independiente de ellos pero sí relacionados con otras. Si uno creyera en un espacio independiente, entonces se diría que la Tierra se encuentra a 150, 000,000km del Sol ya que la Tierra y el Sol ocupan puntos del espacio que se encuentran a 150, 000,000 puntos de distancia. Para un “*—relacionista*” como Descartes, los dos cuerpos simplemente estarían aparte y eso es todo lo que se puede decir.⁴⁸

Asumir una noción de espacio adherida a los cuerpos implica necesariamente situar a los cuerpos en relación a otros cuerpos. Finalmente, de acuerdo con la física cartesiana todo lo que hay en el universo es materia, quedando como única opción de localización a la materia misma. El mayor de los problemas que presenta la filosofía cartesiana – y que no tardará Newton en apuntar – es la imposibilidad de definir la posición de los cuerpos.

Por otra parte ¿Qué clase de espacio está proponiendo Descartes? Un espacio definido únicamente por sus propiedades volumétricas, inseparable de los cuerpos, una extensión indefinida – ya que la infinitud sólo es atribuible a Dios – y, dependiente de otros cuerpos al momento de dar

⁴⁸ Places might be made of matter in some sense, but really they are relative locations (perhaps of some specific shape); things are not located in a matter-independent space, but in various relations to one another. If one believed in an independent space then she would say that the Earth is located 150,000,000km from the Sun, because the Earth and Sun occupy points of space that are 150,000,000km apart. For a “*—relacionista*” such as Descartes, the two bodies themselves simply are that far apart, and that is all there is to say. Huggett, Nick, *Space from Zeno to Einstein, Classic Readings with a contemporary commentary*, A Bradford book, Cambridge Massachusetts, 1999, p. 101.

cuenta de su posición. Las propiedades esenciales del espacio no son más que las propiedades esenciales del cuerpo, propiedades geométricas.

2.6. Movimiento

La física cartesiana, estrechamente ligada a la geometrización del espacio responde a las condiciones de la misma. Los cuerpos en la geometría son cuerpos inmóviles, estáticos, pero la filosofía natural demanda una explicación más profunda y detallada. Estando ligada a la realidad, la filosofía natural debe dar cuenta de lo que pasa en la misma. ¿Qué sucede en la realidad? Es difícil responderlo considerando que la realidad se encuentra en constante cambio.

Precisamente, lo que hace más interesante al estudio de la física es la relación que ésta tiene con el mundo. Como apunta Nick Huggett en su obra *Everywhere and Everywhen: Adventures in Physics and Philosophy* la física siempre se cuestiona por el cambio. Independientemente de si habla de estudios remotos o actuales uno de los propósitos de la física siempre es dar cuenta del cambio. ¿Qué es el cambio de tal suerte que algo puede cambiar y seguir siendo la misma cosa? Esta pregunta es una de las más antiguas en filosofía (que data al menos a fines del siglo V) y a la vez fundamental para la física. La física describe los cambios pero ¿cómo son descritos? ⁴⁹

Lo que hace que la física sea un estudio interesante es dar cuenta del movimiento. Haciendo uso de los términos actuales, lo que le interesa a la física es estudiar los fenómenos. Sin duda alguna el cambio es psicológicamente atractivo, el movimiento de los cuerpos crea la necesidad de una explicación. En dado caso, como bien señala Huggett, lo que varía en las teorías físicas es cómo son descritos dichos cambios. A partir de este momento, me propongo señalar cómo Descartes dará cuenta del movimiento, cómo a través de su teoría trata de explicar los resultados obtenidos a través de la observación.

Una de las aportaciones más significativas del filósofo francés a la ciencia física es, sin duda, el estudio de la mecánica. La filosofía natural cartesiana defiende un mecanicismo del mundo en el cual la formación de los cuerpos es explicada por el choque de pequeños corpúsculos. Toda explicación mecánica consiste básicamente en mostrar cómo se dan los movimientos. Si bien, Descartes no ofrece una explicación lo suficientemente detallada y precisa del movimiento de los cuerpos y no esclarece otros estudios de la física, es de suma importancia destacar el valor de su obra como un pilar de la física clásica. —La mecánica describe solamente un aspecto de los

⁴⁹ What is change such that something can change and yet remain the same thing? The question is one of the oldest philosophy (dating at least to the fifth century BC), but fundamental to physics: physics describes change, but how is to be described? Huggett, Nick, *Everywhere and Everywhen: Adventures in Physics and Philosophy*, Oxford University Press, en <http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780195379518.001.0001/acprof-9780195379518>.

fenómenos; pero por cierto el más genérico. Abstrae – o disecta, según se prefiera – la característica que existe en todo fenómeno, so pena de dejar de serlo: el movimiento. Buscamos poder decir: si las condiciones son tales y tales, se producirá, segura o casi seguramente, *tal* movimiento o *tal* ausencia del movimiento”.⁵⁰

La concepción inanimada de la materia que concibe Descartes lo orilla a negar la existencia de fuerzas ínsitas en los cuerpos. Un cuerpo, al no tener alma no es automoviente y por otra parte, es un hecho físico que los cuerpos se mueven ¿Cómo es explicado este fenómeno? Hábilmente, Descartes explica el movimiento de los cuerpos mediante el traslado del móvil. No es el cuerpo el que ejerce la acción, esto quiere decir que hay una acción que hace que el cuerpo se mueva. Con ello, podemos observar las características del mecanicismo cartesiano: una materia despojada de alma la cual no ejerce acción por sí misma, es inerte.

El cuerpo se mueve por la acción que los otros cuerpos ejercen sobre él. El movimiento siempre tendrá una causa externa es decir, hablar de un cuerpo en movimiento invariablemente remite a otro cuerpo; por esta razón la concepción cartesiana de movimiento es una concepción relativa, es decir, que el cuerpo en movimiento está siempre relacionado con otro.

Los movimientos de los cuerpos tienen como causa particular el choque con otros cuerpos. Por esta razón, Descartes rehúye la acción a distancias entre los cuerpos. De acuerdo a su teoría mecanicista, los cuerpos son movidos por otros ya que la única condición que necesitan para moverse es que un cuerpo se ponga en contacto con ellos; evidentemente, este cuerpo será necesariamente circundante a él. Por este motivo, los cuerpos sólo pueden tener contacto con sus contiguos, con los cuerpos circundantes, evitando así una teoría de la acción a distancia.

Por otra parte, dado el marco geométrico abordado por el filósofo francés es comprensible, incluso necesario, que su teoría del movimiento sea una teoría de relación, de desplazamiento. Geométricamente hablando, para conocer el “movimiento” o cambio de una línea en primera instancia, siempre se habla de cambio de posición. Para percatarnos del cambio de posición no hacemos más que observar su relación con la recta o con otros puntos. Empero, ya entrando en el plano de la física no podemos considerar los aspectos “pasivos” de la geometría. La introducción de otros factores como lo son el movimiento, peso y velocidad hacen necesaria una formulación más específica de los fenómenos.

⁵⁰ Alsina, Fidel y Prélat, Carlos, *El mundo de la mecánica. La faz mecánica de los fenómenos – aplicaciones de la mecánica*, Espasa-Calpe, México, 1951, p. 17.

Descartes considera que la mejor y más simple explicación del movimiento es considerarlo como cambio de posición, sin embargo, no se trata sólo del cambio de posición de los cuerpos geométricos, como algunos autores han pensado, sino de cuerpos físicos, de los cuerpos en el mundo natural. Así, el objetivo de la física de Descartes es reducir efectos y propiedades de los fenómenos, que conocemos mediante la experiencia, a partes de materia (porciones limitadas de extensión) con figura, tamaño y susceptibles de variar su posición respecto a otras, esto es, con movimiento.⁵¹

El movimiento es una relación bajo la cual el móvil no juega un papel activo, por el contrario, se considera como el transporte del movimiento. Por tanto, Descartes se deslinda de la idea de fuerzas ínsitas en la materia.

Los fundamentos metafísicos de la filosofía natural cartesiana le impiden atribuir fuerzas ocultas a los cuerpos. La explicación de cómo actuarían éstas puede considerarse como una inclinación de los cuerpos más que como un resultado de ciertos efectos mecánicos. Ciertamente, admitir que la materia tiene una inclinación a moverse hacia tal o cual lugar hace más difícil la descripción de los fenómenos.

Antes de exponer el traslado de los cuerpos debemos analizar dos nociones que señala Descartes en *Los principios*. La primera consiste en que el traslado siempre es atribuido a un cuerpo, si se habla de traslado es porque necesariamente hay un cuerpo trasladado. Dicho traslado no puede ser un movimiento fuera del cuerpo. En segundo lugar, retomando la homogeneidad de la materia, el cuerpo sigue siendo el mismo aunque cambie de lugar. Así, si quemamos la cera consideramos una sola materia, aunque haya cambiado sus propiedades cualitativas y su relación con los otros cuerpos (incluso la cantidad de extensión) podemos asegurar que se trata de la misma cera.

El traslado como la explicación del movimiento cartesiano es derivado del dualismo que sostiene de la noción de lugar. De la misma manera en que la determinación de un cuerpo se basa en el sistema de referencia al que obedezca; el movimiento del cuerpo, a su vez, dependerá de lo que nuestro pensamiento tome como referencia. —El traslado se hace *de la vecindad de los cuerpos inmediatos a la vecindad de otros cuerpos*, mas no de un lugar a otro; porque como expliqué antes, la acepción de lugar es múltiple y depende de nuestro pensamiento”.⁵²

Para ubicar un cuerpo es necesario hacer referencia a los cuerpos circundantes, describir el movimiento implica hacer referencia al movimiento de los cuerpos. Por tanto, espacio y movimiento son dos conceptos físicos relativos. Al no haber un espacio independiente de los cuerpos, el movimiento sólo es comprendido como un desplazamiento de los cuerpos del cual, de

⁵¹ Benítez, Laura, *Descartes y el conocimiento del mundo natural*, 51-52 pp.

⁵² Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 54.

igual manera, sólo podemos describir lo lejos que puede llegar a estar.

Descartes distingue dos tipos distintos de movimiento: la acepción corriente y la acepción propia. La primera, la que él llama la acepción corriente, toma al movimiento como *“la acción por la cual un cuerpo migra de un lugar a otro”*.⁵³ La acepción corriente descrita por Descartes es obtenida a través de los sentidos y forma parte de lo que llamamos el sentido común. En efecto, guiándonos por nuestros sentidos la única forma de decir si un cuerpo se ha sido movido es basándonos en su ubicación, notamos que ha cambiado de lugar.

La teoría física que ofrece Descartes, al ser deductiva, no está fundamentada en los datos sensibles. Por esta razón, no es la clase de movimiento que Descartes defiende. Así, como hay cuerpos muy pequeños e imperceptibles a nuestros ojos, sus movimientos también lo serán y no podemos negar que dichos cuerpos junto con sus movimientos existan sólo por ser imperceptibles. La tarea del filósofo francés es explicar y fundamentar cómo se dan estos movimientos imperceptibles. Para ello, Descartes sostiene otro tipo de movimiento no justificado por el sentido común, sino derivado de su propio estudio teórico-físico, el cual denomina: el movimiento en su acepción propia.

Pero si consideramos qué debe entenderse por movimiento, no tanto según el uso corriente cuando según la verdad del hecho, para atribuirle una naturaleza determinada, podemos decir que *es el traslado de una parte de la materia, o de un cuerpo, de la vecindad de aquellos cuerpos que lo tocan inmediatamente y se miran como en reposo a la vecindad de otros*. Aquí entiendo por *un cuerpo o una parte de la materia* todo aquello que se traslada simultáneamente, por más que a su vez esto mismo pueda constar de muchas partes, que tengan otros movimientos en sí. Y digo que es el *traslado* y no la fuerza o acción que traslada, para mostrar que siempre está en el móvil, no en el moviente, porque estas dos cosas no suelen distinguirse con bastante cuidado; y que es tan sólo un modo de aquél y no una cosa subsistente, como la forma es un modo de la cosa formada, y la quietud un modo de la cosa en reposo.⁵⁴

Nuevamente, Descartes hace referencia al carácter inerte del cuerpo. El cuerpo no es un agente activo en el juego del movimiento, por el contrario, sólo es el móvil a través del cual el *“movimiento”* viaja. El cuerpo sólo es una materia pasiva que no acciona sino re-acciona, sólo responde a los impulsos de otros cuerpos. Si afirmas que el movimiento es *“el traslado de”*, de igual manera se asume que el cuerpo es trasladado, que el cuerpo no es el que se traslada, no realiza una acción sino que padece un efecto. Ambas acepciones del movimiento se encargan de sustentar la idea cartesiana de la carencia de fuerzas en los cuerpos.

⁵³ *Ibid.*, p. 52.

⁵⁴ *Ibid.*, p. 53.

La pasividad del cuerpo describe también la ausencia de causas finales. Al ser el cuerpo susceptible y dependiente del movimiento de otros cuerpos (los cuales a su vez son dependientes de otros cuerpos) no tiene una inclinación ínsita. No hay una especie extraña de voluntad intrínseca en los cuerpos por lo cual no actúan persiguiendo un fin. La física cartesiana se muestra ajena a las causas finales, en ese sentido se desprende de las inclinaciones aristotélicas.

El movimiento cartesiano de igual manera tiene un carácter dual. Tomemos un apartado de la cita anterior en la cual se muestra cómo Descartes distingue entre el movimiento externo e interno. —Etiendo por un cuerpo o una parte de la materia todo aquello que se traslada simultáneamente, [movimiento externo] por más que a su vez esto mismo pueda contar de muchas partes, [movimiento interno] que tengan otros movimientos entre sí”.⁵⁵

La dualidad de movimiento es sin duda derivada de la concepción cartesiana del lugar. La superficie se muestra como el elemento base para comprender la cadena causal del dualismo físico cartesiano. La superficie, sin ser parte del cuerpo, es un límite que sólo es puesto por el pensamiento. En este sentido, podemos considerarlo un elemento diferenciador. Diferenciar lo que es un cuerpo de lo que no lo es posibilita establecer dos tipos de lugar, el relativo al cuerpo mismo y el relativo a los cuerpos circundantes derivando un movimiento igualmente dual y relativo. Como afirma Huggett:

Su truco fue adoptar dos nociones de lugar: en primera, como hemos visto, él adoptó una teoría en la cual el lugar es extensión, en segunda, adoptó una noción aristotélica del lugar, es decir externa, el lugar como la superficie del cuerpo circundante [...] De acuerdo con la primera explicación, un cuerpo tiene muchos movimientos relativos, pero la segunda le permite definir fuera de éstos movimientos relativos el ~~movimiento~~ verdadero”.⁵⁶

Esta es la razón por la cual Descartes menciona que una misma cosa (al mismo tiempo) cambia y no cambia de lugar y por tanto que se mueve y no se mueve ¿A donde se ha movido el cuerpo? El cuerpo se mueve de acuerdo a la referencia dada. Descartes nos pone el ejemplo de un hombre en un navío, éste puede apreciar que el navío se mueve. Empero, si mira las cosas fijas (por ejemplo algún objeto dentro del navío) puede asumir que esas cosas no se mueven. El hombre diría que está en reposo porque no nota en sí acción alguna.

⁵⁵ *Idem.*

⁵⁶ His trick was to adopt two notions of place: first, as we have seen, he adopted a theory in which place is extension; second, he adopted, as the “external” notion of place, an Aristotelian view of place as the surface surrounding object [...] According to the first account, a body has many relative motions, but the second theory allows him to define out of these a body’s “true motion”. Huggett, Nick, *Space from Zeno to Einstein*, p. 102.

Si bien, hasta el momento no he explicitado la justificación que otorga Descartes sobre el movimiento de los cuerpos, eso no quiere decir que la explicación del movimiento antes descrita no tenga fundamentación alguna. Dado el desarrollo de la física cartesiana no resulta una sorpresa que la fundamentación del movimiento tenga a su vez tintes metafísicos.

Dios es la sustancia metafísica que, en lo que refiere a la sustancia extensa, sustenta dos cosas:

- 1) La cantidad de materia
- 2) El movimiento

Los atributos principales de la sustancia divina son: la perfección e infinitud, los cuales ayudarán a Descartes a justificar el movimiento en la materia. Es indudable que los cuerpos están en movimiento, la constancia del movimiento sólo puede ser causada por una entidad inmutable, dicha entidad sólo puede ser Dios. Por otra parte, Dios no sólo es la causa primera del movimiento sino que también hace posible que se conserve la misma cantidad del mismo.

Si Dios es la causa primera del movimiento ¿Qué es lo que hace que el movimiento de los cuerpos continúe? El mecanicismo que sostiene Descartes explica que los movimientos particulares son causados por otros cuerpos. Si bien Dios es la causa inicial del movimiento, los que continúan esta cadena son los cuerpos mismos a través de los choques con otros. El que los cuerpos sean causa de los movimientos particulares los reduce a vehículos que transportan el movimiento que en un principio les fue dado. Por otra parte, cabe destacar que Descartes no sólo afirma que Dios es la causa primera del movimiento de los cuerpos sino que conserva siempre la misma cantidad de movimiento.

En cuanto a la (causa) general, me parece manifiesto que no es otra que Dios mismo, quien creó en un comienzo la materia junto con el movimiento y la quietud y ahora, por su solo concurso ordinario, conserva en toda ella tanto movimiento y quietud cuanto puso entonces. En efecto, por más que aquel movimiento no sea en la materia movida sino un modo de ella, tiene sin embargo una cantidad cierta y determinada, que entendemos puede ser siempre la misma en el conjunto total de las cosas, aun cuando cambie en cualquier parte de ellas. [...] Comprendemos también que en Dios hay no sólo la perfección de ser inmutable Él mismo, sino también la de que obre en el modo más constante e inmutable.⁵⁷

Si Dios crea la materia, la pone en movimiento y conserva su cantidad entonces podemos decir que un cuerpo nunca generará movimiento por sí mismo. La cantidad de movimiento conservada

⁵⁷ Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 59.

implica que, el movimiento no podrá generarse o disminuir, constantemente seguirá conservándose la misma cantidad. En la física cartesiana, como se ha visto, el fundamento metafísico es la base más importante de la física. Dios es el fundamento ontológico y epistémico de la naturaleza; del mismo modo, Dios es quien posibilita la existencia y movimiento constante de la misma manera como nos hace posible entender los movimientos de la misma, siempre guiados por los ojos del entendimiento.

He explicado qué es el movimiento para Descartes y qué acepciones existen sobre el mismo. No obstante, aún no han sido satisfechas las críticas realizadas por el atomismo ¿Cómo pueden moverse los cuerpos en el pleno? ¿Cómo puede moverse algo donde todo está tan junto como podría estarlo? Dado que no hay espacios vacíos a través de los cuales puedan desplazarse los cuerpos resulta algo complicada la tarea de explicar el movimiento de los cuerpos. Dichas demandas no sólo serán contempladas por los defensores del atomismo, Newton mismo será quién reproche a Descartes no concebir un espacio diferente a los cuerpos bajo los cuales puedan desplazarse.

En su obra, *El mundo o tratado de la luz*, Descartes nos brinda algunas herramientas con el propósito de comprender detalladamente el fenómeno del movimiento. Entre ellas se encuentran los siguientes:

- 1) Descartes establece una diferencia entre la dirección y la potencia en el movimiento.
- 2) Las cosas se mueven de acuerdo a la mejor disposición. Afirma: —Cada una se mueve en la forma que le resulta menos difícil por la disposición de los cuerpos que la rodean”.⁵⁸
- 3) No hay nada en ningún lugar que no cambie. Así que todos los cuerpos siempre están en movimiento.
- 4) No es necesario buscar la causa particular de cada movimiento. Basta con considerar —que han comenzado a moverse tan pronto como el mundo comenzó a existir”.⁵⁹
- 5) Cada cuerpo puede dividirse en partes muy pequeñas.

Resumiendo, Descartes asume que toda la materia se halla en constante movimiento el cual en un principio fue causado por Dios. El movimiento hace posible que los cuerpos se dividan en partes pequeñas, además de depender siempre de la disposición que tenga éste en el pleno. Finalmente, hay que considerar el hecho de que la potencia de un cuerpo no dependerá necesariamente de la

⁵⁸ Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, p. 55.

⁵⁹ *Ibid.*, p. 57.

dirección que éste tenga. La potencia del cuerpo, lo que anteriormente llamamos cantidad de movimiento conservado, será discutido más a detalle en los siguientes apartados.

Estos cinco postulados, junto con la teoría de los elementos, permiten explicar el movimiento en el pleno. Un mundo sin vacío no implica necesariamente la imposibilidad del movimiento. Teniendo en cuenta que en su obra *El mundo o tratado de la luz* Descartes se propone explicar en qué consiste el fenómeno de la luz, considera que haciendo un análisis de la materia podrá dar cuenta del fenómeno particular de la luz.

2.7. Teoría de los elementos.

Retomando la repulsión cartesiana al vacío – no como un espacio en el que no percibimos cuerpos sino como un espacio sin cuerpos – el filósofo tiene que responder a la pregunta ¿Qué llena a los espacios cuando los consideramos vacíos? De esta suerte Descartes responde: —No queda ahora más que considerar cuáles pueden ser esos otros cuerpos y después de esto, espero que no será difícil comprender cuál puede ser la naturaleza de la luz”.⁶⁰

Para simplificar, podríamos decir que Descartes explica el movimiento en el pleno introduciendo una teoría de los elementos. Descartes señala que en el mundo existen tres elementos: fuego, aire y tierra. Tratándose de una física opuesta al sentido común es fácil notar que Descartes no hace referencia a lo que nuestros sentidos consideran como fuego, tierra y aire, así como tampoco hace referencia a la noción tradicional (aristotélica) de elementos. A este punto es atinado preguntarnos: ¿Elementos, en una teoría que se considera siempre cuantitativa? ¿Hemos regresado a una teoría cualitativa? No, lo que es particular en los elementos expuestos por Descartes es su carácter cuantitativo. Las características de los elementos son las siguientes:⁶¹

1. Fuego.- El fuego es descrito como un licor sutil y una de las características principales de este elemento es que es el más penetrante debido a que sus partes son más pequeñas que las de cualquier otro elemento, por tal motivo no tienen ni tamaño ni figura determinados.
2. Aire.- A diferencia del fuego, los cuerpos del elemento aire sí tienen un tamaño y figura determinados. Son definidos como figuras redondas y constantemente unidas. Sin embargo, sus características no les permiten ensamblarse de manera perfecta, por tal motivo, dejan una serie de intersticios que pueden ser fácilmente ocupados por el elemento del fuego.
3. Tierra.- Las partes de este elemento se consideran más grandes y, por tal motivo, no se mueven rápidamente.

⁶⁰ *Ibid.*, p. 68.

⁶¹ *Cfr.* Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, cap. 5.

Los elementos propuestos por Descartes conllevan al filósofo natural a abrazar una plenista que, por ende, excluye el vacío. El elemento del fuego es tan pequeño que puede cualquier intersticio que pudieran dejar cualquiera de los otros elementos. Explica Descartes que en movimiento, las partes de la materia cambian de figura en todo momento con el fin de acomodarse donde alguna materia haya ocupado lugar ya que los cuerpos se mueven de acuerdo a la mejor disposición: —Dæuerte que no hay jamás paso demasiado estrecho ni ángulo suficientemente pequeño entre las partes de los otros cuerpos, por donde las de este elemento [fuego] no penetren sin dificultad y que no llenen exactamente”.⁶²

Parece perfectamente claro que Descartes nunca señala aspectos cualitativos en su teoría de los elementos. Los elementos del fuego pueden ocupar los espacios que se consideran vacíos en favor de sus características cuantitativas; son suficientemente pequeños y rápidos para llenar cualquier intersticio y mantenerse en movimiento. Estos pequeños corpúsculos también son conocidos como *éter*, el cual circundaba y llenaba todo el universo formando una especie de vórtice. Esta teoría será explicada en el punto 2.8, por el momento, me parece de suma importancia destacar el rechazo de Descartes por una teoría de los elementos cualitativa:

A partir de esto podré hacerles entender fácilmente por qué no admito ningún otro elemento fuera de los tres que de descrito: porque la diferencia que debe haber entre ellos y los otros cuerpos que los filósofos llaman mixtos, o mezclados y compuestos, consiste en que las formas de estos cuerpos mezclados contienen siempre en sí algunas cualidades que son contrarias y se obstaculizan, o que al menos no tienden a la conservación una de otra, mientras que las formas de los elementos deben ser simples y no tener ningunas cualidades que no se combinen entre sí tan perfectamente que cada una tienda a la conservación de todas las demás.⁶³

Una teoría de los elementos cuantitativa no necesita señalar si los elementos son simples o compuestos, el que tengan o no tales cualidades resulta completamente innecesario. Incluso, el asumir una postura de este tipo facilita la explicación de la física al no tener que rendir cuentas sobre la compatibilidad o incompatibilidad de los elementos. En un mundo donde la materia es homogénea dictaminar aspectos cualitativos la diferenciaría entre ella misma, es decir que negaría la homogenización de la materia antes señalada.

⁶² Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, p.70.

⁶³ *Ibid.*, p.71.

La ventaja que tiene Descartes con su teoría física es que no tiene que ofrecer ningún tipo de explicación sobre la composición o descomposición de los elementos. Esta inclinación se haya ligada a su método. Recordemos que el método cartesiano implica llegar a las partes más simples. Todo este estudio físico cartesiano no es más que el seguimiento de su método científico. Así, el admitir una simplicidad de elementos le permite hablar de una combinación entre ellos y la conservación de la materia. No necesita justificar características cualitativas ya que ello sólo lleva a confusiones. Para ejemplificar lo anterior, Descartes hace una analogía con las esponjas: las esponjas ciertamente tienen poros o agujeros pequeños de los cuales decimos que están llenos de aire, pero no por ello decimos que haya una composición o mezcla entre la esponja y el aire.

Una vez asentada la mayor parte de los postulados físicos relacionados al: espacio, materia y movimiento, Descartes realiza un experimento mental, se trata de una serie de hipótesis que explican las condiciones de cómo el mundo pudo ser creado. El mundo, derivado de dichas condiciones, será aprobado sólo si no contiene alguna contradicción en sí, Descartes las nombra las condiciones del nuevo mundo:

1. Dios crea de nuevo, a todo nuestro alrededor, tanta materia que de cualquier lado que nuestra imaginación se pueda extender ya no perciba ningún vacío (asumiendo nuevamente el plenismo).
2. La materia puede llenar espacios mucho más grandes que todos los que podríamos imaginar.
3. Supongamos que la materia que Dios hubiera creado se extiende muy lejos, por todas partes hasta una distancia indefinida. Esto es debido a que es más verosímil prescribirnos límites a nosotros como seres finitos que a Dios.
4. Supongamos que en la naturaleza no hay nada más que lo que cada uno pueda conocer tan perfectamente como es posible. Esto se apoya en el supuesto de que la materia no tiene forma sustancial.
5. Además, se concibe al cuerpo con las siguientes características:
 - a. Perfectamente sólido.
 - b. Llena todos los largos anchos y profundidades del espacio de tal modo que cada parte no puede encerrarse en una más pequeña y que ningún cuerpo ocupe su lugar.
 - c. Puede dividirse en todas las partes y según todas las figuras.
 - d. Cada una de sus partes es capaz de recibir todos los movimientos.

Siendo que la materia es susceptible de división, Descartes explica que la materia se divide en muchas partes determinadas de distintos tamaños y figuras. Al mover a los cuerpos, ¿existe un espacio o intersticio entre los cuerpos? No, cuando la materia se divide en ésta hay cambios tanto en su dirección como en su velocidad. Los “intersticios” que pudieran haber son compensados por la introducción de otros cuerpos, la diversidad de movimientos que hay en la materia, su velocidad y la dirección son las que permiten que no existan espacios vacíos al momento de ser dividida la materia.

2.8. Leyes

Si bien, Descartes parte de la metafísica y lleva un camino geométrico, finalmente tiene que dar cuenta de los fenómenos físicos. La geometría es la ciencia de lo estático y resulta insuficiente para dar respuesta a las demandas de los cuerpos en constante movimiento, pero eso no quiere decir que sus principios no estén guiados por principios matemático-geométricos. Por ello, considero dos importantes razones que obligan a Descartes a dar cuenta de las leyes del universo. La primera consiste en dar una explicación general de los fenómenos físicos y la segunda es que apoya su visión geométrico-matemática del universo. En el tercer capítulo de su obra *Descartes y el conocimiento del mundo natural*, Benítez nos señala:

El objetivo de la física de Descartes es reducir efectos y propiedades de los fenómenos, que conocemos mediante la experiencia, a partes de materia (porciones limitadas de extensión) con figura, tamaño y susceptibles de variar su posición respecto a las otras, esto es, con movimiento. Por ello Descartes introduce sus leyes del movimiento como una explicación ordenada y racional del cambio.⁶⁴

Las leyes del mundo explicarán el orden mecánico y racional del universo, siempre basado en el fundamento metafísico: Dios. En efecto, quien adscribe las leyes racionales a la naturaleza no puede ser otra más que una substancia pensante infinita. Tanto en *El mundo o tratado de la luz* como en *Los principios de la Filosofía*, Descartes reconoce tres leyes principales. En ambas obras nos señala en qué consisten así como por qué Dios es su condición de posibilidad.

Las leyes son de suma importancia para Descartes no sólo porque le permiten explicar el movimiento de los cuerpos sino porque a través de ellas podrá defender la perspectiva que ha tratado desde un principio: un mundo mecanicista, racionalmente ordenado. Descartes define a las leyes de la naturaleza como reglas mediante las cuales se

⁶⁴ Benítez, Laura, *Descartes y el conocimiento del mundo natural*, 51-52 pp. Los paréntesis son de Benítez.

producen los cambios en la naturaleza y por las cuales se producen muchos cambios que no pueden ser atribuidos a Dios. Esto es debido a que Dios sólo pone la misma cantidad de movimiento y lo conserva, los movimientos particulares sólo dependen de la acción de otros cuerpos sobre ellos.

En términos generales hablar de *ley* es aludir a una regla o norma a la que se ajustan de modo constante e invariable ciertas operaciones. En este caso se trata de las *operaciones de la Naturaleza*, de manera que las leyes naturales gobiernan el modo como ésta realiza sus obras. Ahora bien, en un mundo que ha sido reducido al movimiento de partes divisibles de la materia dichas operaciones son *de carácter mecánico* [...] Ello supone por tanto, que las leyes cartesianas de la Naturaleza son *leyes mecánicas* en cuanto se refieren a *movimientos*, pero también en el sentido de que los móviles son concebidos como *seres mecánicos o máquinas*.⁶⁵

Dios ha establecido las leyes de tal manera que, aun suponiendo un caos ellas —son suficientes para hacer que las partes de este caos se desembrollen por sí mismas y se dispongan en tan buen orden que tendrán la forma de un mundo muy perfecto”.⁶⁶ Así, Descartes se encarga tanto de señalar en qué consisten las leyes de la naturaleza como de argumentar por qué Dios es quién sustenta dichas leyes.

Por otra parte, cabe destacar que las leyes, al ser sustentadas por Dios son invariables, es decir, bajo ninguna circunstancia podrían cambiar. El mundo-máquina no sólo se halla racionalmente ordenado sino que Descartes, a través del atributo de inmutabilidad de Dios, garantiza que el mundo continúe de la misma manera. —Ya fin de que no haya excepción que impida, agreguemos, si les parece, a nuestras suposiciones, el que Dios no hará nunca ningún milagro, y que las inteligencias o las almas razonables que luego podremos suponer en él, no turbarán de ninguna manera el curso ordinario de la naturaleza”.⁶⁷

A continuación, expondré las leyes que enuncia la filosofía natural cartesiana. Slowik muestra en su obra *Cartesian Spacetime* algunas de las imprecisiones con las que cuenta la filosofía natural cartesiana, especialmente de los conceptos sobre los que hace uso. Sin embargo, también señala la importancia que tuvieron estos conceptos como esbozo a las teorías físicas posteriores. A mi parecer, una de las razones por las cuales la filosofía natural cartesiana no tuvo la consolidación o la posibilidad de establecerse como una teoría física sólida es que Descartes se encontraba en medio de una disyuntiva entre las teorías previas — que sustentaban una visión cinemática — y los propios resultados a los que llegó el filósofo francés que lo conducían a un mecanicismo dinámico.

⁶⁵ Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 132.

⁶⁶ Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, p. 79.

⁶⁷ *Ibid.*, 92-93 pp.

El intento de consolidar ambas posturas lo llevó a una serie de contradicciones o imprecisiones en su propuesta.

Por tal motivo, la siguiente exposición tendrá como fin no sólo describir las leyes propuestas por Descartes y cómo son fundamentadas, señalaré a su vez algunos de los problemas que presenta su postura sin pasar por alto las ventajas o aciertos que se pueden apreciar en las mismas. Comienzo con la primera ley que dicta lo siguiente:

“Cada cosa, en lo que de ella depende, persevera siempre en su estado; y así, lo que es movido una vez continúa moviéndose siempre”.⁶⁸

Antes de continuar con la exposición de dicha ley permítanme exponer una diferencia que establece Descartes: la diferencia entre modo y estado. De acuerdo con Descartes, Dios puede conservar a la materia en el mismo modo mas no en el mismo estado —Dios a pesar de que actúa siempre del mismo modo, y por consiguiente produce siempre, sustancialmente el mismo efecto, no obstante se encuentra, como por accidente, una gran diversidad en este efecto”⁶⁹.

Cabe destacar que Descartes se aleja de las nociones aristotélicas puesto que no concibe a los modos como cualidades sino como propiedades de los cuerpos. En el primer capítulo de *Los principios*, al hacer referencia a la diferencia modal, Descartes afirma no sólo que los modos se distinguen de la sustancia (ya que dependen de ella y no viceversa) sino que se distinguen entre los modos mismos. Justamente, los ejemplos dados son el movimiento y la forma. Considera tanto al movimiento como a la forma modos de la sustancia extensa, los cuales pueden distinguirse entre sí.⁷⁰

Así, mientras los modos varían o afectan a la sustancia los estados no hacen que la esencia de la cosa cambie. Esta diferencia le permite a Descartes señalar cómo a pesar de que un cuerpo cambie de dirección siempre seguirá existiendo la homogeneidad de la materia. Así, aun si los cuerpos cambian de lugar se mantendrían igual en esencia.

En efecto, Descartes en *El mundo* hace notar que por movimiento no se refiere de ninguna manera al movimiento concebido por la doctrina aristotélica:

Confiesan ellos mismos que la naturaleza del suyo es muy poco conocida, y que para hacerla inteligible en alguna forma, no la han sabido explicar aún más claramente que en estos términos: *Motus est actus entis in potentia, prout in potentia est*, los cuales son para mí tan oscuros que me veo obligado a dejarles

⁶⁸ Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 60.

⁶⁹ Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, p. 84.

⁷⁰ Cfr. Descartes, *Los principios de la filosofía*, cap. 1.

aquí con su «jerga», puesto que no podría interpretarlos [...] Por el contrario, la naturaleza del movimiento del que yo quiero hablar aquí es tan fácil de conocer, que los geómetras mismos, que entre todos los hombres son los más dedicados a concebir muy distintamente las cosas que han considerado, lo han juzgado más simple y más inteligible que el de sus superficies y sus líneas; así se hace manifiesto en el hecho de que han explicado la línea por el movimiento de un punto y la superficie por el de una línea.⁷¹

La sustitución en relación al movimiento apreciada por Descartes presume una noción de movimiento más clara y simple ante una noción de movimiento oscura. Esta sustitución es perfectamente comprensible ya que las propias condiciones epistemológicas del filósofo francés así lo exigen. El método cartesiano sostenía que, para construir el conocimiento hay que partir de las nociones más simples. Sin embargo, a consideración de Descartes, la terminología empleada por Aristóteles (como acto y potencia) dista mucho de ser clara y distinta. La versión aristotélica del movimiento no es compatible con el método cartesiano debido a que no resiste las demandas interpeladas por éste. Descartes, como ya se ha tratado anteriormente, prefiere optar por la versión geométrica del movimiento.

La primera ley nos dice que toda materia estará en un mismo estado siempre y cuando otra no la obligue a cambiarlo. En relación al movimiento, Descartes acuña un concepto geométrico del mismo. El movimiento geométrico consiste en explicar a la línea por el movimiento de un punto y a la superficie por el movimiento de una línea. Línea, punto y superficie se hayan completamente vinculados en la descripción del movimiento, son dependientes. —Y yo no conozco ninguno (tipo de movimiento) que sea más fácil de concebir que el de las líneas de los geómetras, que hace que los cuerpos pasen de un lugar a otro y ocupen sucesivamente todos los espacios que están entre dos (lugares)».⁷²

Aplicando la noción geométrica a la física, se estima entonces que los cuerpos —al igual que las líneas— sólo pasarán de un lugar a otro. El plenismo se ve apoyado porque los movimientos de los cuerpos al cambiar de lugar no dejarían ningún espacio vacío entre ellos, por lo menos, no parece necesario asumirlo. Así, como los cuerpos son los responsables del movimiento de los otros cuerpos las leyes de la naturaleza son las que posibilitan que eso pase continuamente. Por esta razón, el reposo es visto como un estado que debe atribuírsele a la materia y el movimiento que supone es de acuerdo a las leyes de la naturaleza.

Considerando la primera ley cartesiana, no será difícil percatarnos que Descartes destaca la imposibilidad de cualquier tipo de principio activo o volitivo en la materia. Una vez en movimiento, la materia no podrá detenerse a sí misma; de la misma manera que, estando en reposo es imposible

⁷¹ Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, p. 85.

⁷² *Ibid.*, p. 85. Los paréntesis son de Benítez.

que comience a moverse por voluntad. Enriqueciendo más su postura mecanicista deja como única posibilidad de movimiento la acción de un cuerpo sobre otro, de igual manera un cuerpo en movimiento sólo podrá ser impedido por otro cuerpo. En pocas palabras, a lo que Descartes se refiere es a la conservación del estado que no es otra cosa que un inicio teórico del concepto de inercia.

Para comprender mejor el concepto de inercia basta con preguntarse ¿Qué causa o mantiene un cuerpo en movimiento? Es la inercia. *Grosso modo* podría decir que la ley de inercia que ofrece Descartes se refiere al choque como la única causa de modificación del estado de un cuerpo. Como señala Slowik, Descartes se evita complicaciones al momento de aceptar al movimiento inercial como un estado natural del cuerpo. Sin embargo, también afirma que Descartes no es muy claro al explicar esta primera ley. Si bien, la cantidad de movimiento se define como el producto del tamaño y la rapidez, el filósofo francés no describe cómo se conserva la cantidad de movimiento en los choques, no explica qué cantidades son conservadas y los conceptos empleados de tamaño (que puede oscilar entre la masa o el volumen del cuerpo) y la rapidez (que no queda establecida como una noción vectorial de velocidad) no son lo suficientemente precisos.⁷³

Aunque un tanto embrionario, el concepto de inercia ofrecido por Descartes o, para ser precisos, su teoría de la conservación del estado y sus implicaciones fueron de suma importancia para el desarrollo de la física clásica. Según Edward Slowik: —Debido a la falta de un concepto coherente de "movimiento inercial", la teoría de Descartes carece de un medio para interpretar muchas de las características importantes de los sistemas dinámicos ¡que él mismo ayudó a desarrollar!—. ⁷⁴ Así, no cabe duda que a pesar de que Descartes nunca ofreció una definición exacta de inercia, sí ofreció algunos esbozos de la misma, lo cual es considerado una de las grandes aportaciones a la física. ⁷⁵ Particularmente, quién se apoyará de dicho concepto es Newton.

De acuerdo a la metodología cartesiana toda postulación teórica que se ofrezca debe estar sustentada en un fundamento, de lo contrario no cumplirá con el criterio cartesiano. Esta ley parte del principio de inmutabilidad de Dios. De hecho, según explica Descartes, el pensar un fenómeno contrario a esta ley implicaría una contradicción. Esta ley nos indica que toda cosa permanece en un mismo estado y sus cambios remiten sólo a causas externas. De esta manera, aun suponiendo un

⁷³ Cfr. Slowik, Edward, *Cartesian spacetime, Descartes Physics and the Relational Theory of Space and Motion*, Kluwer Academic, Publishers, London, 2002, cap. 3.

⁷⁴ Due to the loss of a coherent "inertial motion" concept, Descartes's theory lacks a means of construing many of the important features of the dynamical systems he helped develop! Slowik, Edward, *op. cit.* p. 36.

⁷⁵ Cabe destacar que no sólo Descartes hace referencia a este concepto. Gracias a la experimentación, Galileo mostró que no se tiene que aplicar una fuerza constante a los cuerpos para que un cuerpo pueda seguir en movimiento. Tomando en cuenta que ambos autores eran parte de la formación de Newton. Cfr. Dampier, William, *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*, trad. Cecilio Sánchez, España, Tecnos, 1997, p. 174.

cuerpo que fuera automoviente, éste continuaría moviéndose sin parar, lo cual resulta imposible. No obstante, la primera ley no encierra sólo una derivación teórica. La postulación de la misma tiene también fines explicativos. Descartes, a través de esta ley, puede dar cuenta del movimiento de los cuerpos celestes.

Una primera conclusión que puedo ofrecer es que en Descartes se vislumbra una ley de la conservación en su mundo-máquina. El movimiento no se puede crear ni destruir por sí mismo – para eso está el fundamento que posibilita la permanencia – requiere de otros cuerpos que se encuentran a su vez en movimiento. Sin embargo, no se trata de una conservación de la fuerza como un ímpetu dentro del cuerpo, lo que se conserva es la fuerza como capacidad de un cuerpo para obrar sobre otro a su vez como la capacidad que tiene el cuerpo para resistirlo.

Prosigo con la segunda ley del movimiento que dicta lo siguiente:

La segunda ley de la naturaleza es que todo [movimiento] es recto de suyo, y por eso las cosas que se mueven circularmente tienden siempre a separarse del centro del círculo que describen.⁷⁶

Esta segunda ley puede ser interpretada como la ley de la fuerza centrífuga. Recordemos los experimentos que se realizaban con frecuencia en la escuela para explicar este fenómeno: amarraban un objeto a un lazo y al comenzar a girar en círculos el lazo el objeto lo hacía también. Sin embargo, en el momento de romper el lazo el objeto salía disparado en línea recta. Ésta es una sencilla forma de explicar a la fuerza centrífuga. En este momento me dispongo a señalar las condicionantes de la segunda ley cartesiana del movimiento.

Descartes considera que el movimiento natural de los cuerpos es en línea recta. —Evidente que todo lo que se mueve está determinado a seguir su movimiento en cada instante señalable de su movimiento en línea recta hacia cierta dirección”.⁷⁷ ¿Por qué Descartes habla de un movimiento circular si declara que el movimiento natural de los cuerpos es rectilíneo? El plenismo cartesiano deja únicamente como opción a los cuerpos el movimiento circular. En efecto, estando todo el mundo lleno de materia los cuerpos se ven forzados a moverse en círculo por el encuentro con otros cuerpos. Bajo un mundo completamente repleto de materia, los cuerpos encuentran como única vía posible de movimiento circular y no el rectilíneo que le es propio.

Esta situación podría parecer contradictoria. Sin embargo, como observa Slowik, Descartes asume una diferencia entre el movimiento y la tendencia. El movimiento es un fenómeno duracional

⁷⁶ Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 61.

⁷⁷ *Idem*.

que ocurre en el nivel de muchos instantes mientras que la tendencia ocurre en un único instante.⁷⁸ Los cuerpos sólo poseen una tendencia – que es el movimiento en línea recta – sólo que el plenismo los obliga a asumir un movimiento circular.

Al igual que la ley anterior, el postular el movimiento circular en los cuerpos como resultado de la tendencia rectilínea en un mundo lleno de materia tiene como fin dar una explicación de los fenómenos físicos. Una vez establecido que el movimiento natural de los cuerpos es rectilíneo ¿Cómo podría explicar el movimiento circular de los astros? Para ello, Descartes se ve orillado a postular el movimiento circular en el cosmos, describe una teoría conocida como la teoría de los vórtices o torbellinos. En el momento en que Dios comienza a mover a la materia, describe Descartes, imprime una cierta cantidad de fuerza la cual comienza a expandirse y distribuirse en el mundo.

Es verdad que tal uniformidad no pudo ser totalmente perfecta; en primer lugar, en vista de que no había ningún vacío en este nuevo mundo fue imposible que todas las partes de la materia se hubiesen movido en línea recta; pero siendo más o menos iguales y pudiendo tan fácilmente ser desviadas, tanto las unas como las otras, han debido coordinarse todas juntas en algunos movimientos circulares. Sin embargo, en vista de que suponemos que Dios las movió en el principio en forma diversa, no debemos pensar que estas partes se hayan armonizado para girar todas alrededor de un solo centro, sino alrededor de varios diferentes.⁷⁹

El movimiento circular planetario no sólo es deducido de los propios postulados teóricos cartesianos sino que dan cuenta de los resultados que habían arrojado las observaciones astronómicas de su tiempo, es decir, era compatible con los resultados de las observaciones. Así, la teoría de los vórtices asume que los cuerpos se ven obligados a recorrer una trayectoria circular debido a la presión que otros cuerpos ejercen en ellos.

La teoría de los torbellinos propuesta por Descartes da respuesta a una de las grandes problemáticas astronómicas del siglo XVII que consistía en dar una explicación satisfactoria de por qué los planetas no se desplazan en líneas rectas alejándose de sus centros de rotación. Descartes en *El mundo o tratado de la luz* ofrece una explicación que da respuesta a dicho problema.

Los supuestos antes mencionados involucran un fundamento metafísico que crea la materia y le otorga movimiento. Por otra parte, después de su creación la materia comienza a dividirse de tal manera que los cuerpos toman la forma de los elementos descritos anteriormente. En *El mundo o tratado de la luz*, Descartes señala que la mayoría de los cuerpos toman forma del primero y segundo elementos. La explicación de dicha afirmación consiste en que las partes de la materia que

⁷⁸ Cfr. Slowik, Edward, *op. cit.* cap. 3.

⁷⁹ Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, 95-96 pp.

eran más extensas y robustas al encontrarse con otras, su propia condición les hacía más sencillo juntarse que dividirse.

En el momento en que comenzó a dividirse la materia, surgió una propagación de la agitación. Independientemente de que algunas partes de la materia no hayan tenido la inclinación a moverse, por la simple presión de otros cuerpos se vieron obligadas a hacerlo. En el mundo-máquina las cosas funcionan así, los cuerpos, aun si tienen o no inclinación a moverse serán obligados a hacerlo y la fuerza de los cuerpos se transmitirá uno a uno a través del choque de la materia.

La diferencia de dimensión o cantidad de materia descrita por el filósofo francés es un aspecto cuantitativo. Esta noción diferenciadora es de suma importancia puesto que le permite a Descartes explicar por qué en un mundo de materia homogénea hay ciertos cuerpos que circundan al parecer, a los —centros—. En una cita anterior, Descartes señaló que en el universo no hay un solo centro, sino que el sistema cuenta con varios centros —mientras que otros parecen alejarse de ellos. En la misma obra, Descartes ofrece un ejemplo para explicar dicho fenómeno:

Si se imaginan dos ríos que se juntan uno con otro en algún sitio para separarse inmediatamente después, antes de que sus aguas, que hay que suponer muy tranquilas y con fuerza más o menos semejante, pero con todo muy rápidas, tengan la oportunidad de mezclarse; los barcos y otros cuerpos bastante masivos y pesados que sean llevados por el curso de uno, fácilmente podrían pasar al del otro; mientras que los más ligeros se alejarán, serán rechazados por la fuerza del agua hacia los lugares donde sea menos rápida.⁸⁰

Debido a su tamaño, los cuerpos más grandes tenderán hacia los centros (como en el caso de los barcos) por el contrario, la fuerza del río obligará a los cuerpos menos masivos hacia las orillas. La diferencia de masas y velocidad (que de fondo no es más que la diferencia cuantitativa entre los elementos) responde al problema antes mencionado. Sólo algunos cuerpos (los de mayor masa) tienden a los centros porque son más pesados y más difíciles de mover por otros —ya que ponen más resistencia al ser más grandes — en cambio, hay algunos cuerpos que por ser más pequeños y veloces son llevados a la periferia. Así, la teoría cartesiana da una respuesta no sólo al por qué los planetas giran en círculo sino por qué cuerpos tales como los cometas parecen responder de manera diferente.

Hasta ahora, se ha contemplado cómo la segunda ley responde a ciertos fenómenos físicos que ayudaron a consolidar la astronomía cartesiana. No obstante, Descartes enriquece el estudio de la física al apuntar los primeros esbozos de una teoría de fuerza centrífuga. Lo que entiende

⁸⁰ *Ibid.*, p. 104.

Descartes por fuerza centrífuga es perfectamente ilustrado por la organización del mundo que él ofrece. Los planetas son descritos con las siguientes cualidades:

1. Tienden todos al centro de los cielos que los contienen, pero esto no significa que puedan llegar al interior de estos centros ya que éstos están ocupados por el Sol y las estrellas fijas.
2. Por necesidad es indispensable que los planetas no tengan más fuerza para continuar su movimiento en línea recta que las partes del segundo elemento. Los cuerpos que lleguen a tener más fuerza son los que consideramos como los cometas. La explicación ofrecida por Descartes es que toda vez que el Sol o cualquier otra estrella ocupa el centro de un cielo los planetas y cualquier otra materia son impedidos a ir hacia él.

Siendo que la materia del elemento fuego es más pequeña y veloz, fácilmente puede llenar todos los intersticios que pudieran dejar tanto la materia del primero y segundo elementos. Además, como recién se explicó, los planetas tienen menos fuerza que las partes del segundo elemento. Los planetas, al ser cuerpos masivos absorben a los cuerpos que tienen una densidad menor. De igual forma, Descartes sostiene que entre los propios planetas no existe la misma cantidad de materia ni solidez. —De ahí ven ustedes cómo diversos planetas pueden estar suspendidos [...] a diversas distancias del sol; y cómo no son simplemente aquellos que aparecen exteriormente como los más grandes sino los que en su interior son más sólidos y masivos”.⁸¹

Los planetas se conservan en la órbita que les corresponde debido que es la medida exacta en la que deben estar. Al ser presionados por los corpúsculos del segundo elemento llegan a equilibrarse en el cosmos, nunca son lo suficientemente presionados para llegar a los centros – de los cuales, ya se advirtió que están ocupados por el Sol y las estrellas – ni lo suficientemente presionados para salir de ellas. Los planetas son ordenados y arrastrados por la materia del segundo elemento equilibrándose de tal manera que se conservan viajando en una órbita, en un vórtice.

Es conveniente señalar la imprecisión matemática-cuantitativa cartesiana al momento de describir las trayectorias de los cuerpos. Descartes ha reconocido que hay un orden o una relación mecánica en el movimiento de los planetas dependiente de diversos factores como son: su masa, su velocidad, su capacidad de resistencia. No obstante, en ningún momento ofrece una esquematización matemática (ni geométrica) de dicha teoría sólo ha dado algunas pautas teórico-especulativas. Como él mismo afirma:

⁸¹ Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, p. 115.

Así, aunque los planetas sigan el curso de la materia del cielo sin resistencia, y se muevan con el mismo impulso que ella, esto no permite decir que se mueva nunca con la misma velocidad; e incluso la desigualdad de su movimiento debe guardar cierta relación que la que se da entre el tamaño de su masa y la pequeñez de las partes del cielo que las rodea.⁸²

Descartes sólo ofrece una explicación descriptiva, da cuenta de la relación que hay en el mundo. Podríamos decir que la pregunta cartesiana trata de responder el cómo. El mundo está dado y posiblemente no sabemos nada de su origen, únicamente contamos con la información (observación) ofrecida a través del telescopio a la cual Descartes intenta dar una explicación basada en un fundamento metafísico. Un ejemplo de ello, es la teoría del movimiento planetario o la teoría de los vórtices. Esta teoría es producto de la propia caracterización planetaria. En efecto, dados los puntos 1 y 2 se deduce un principio físico-astronómico: El planeta tiene que estar rodeado por una materia que no contenga ni más ni menos fuerza que él.⁸³

Los alcances de dicho principio no sólo se reducen a la explicación de la conservación de los planetas bajo una trayectoria en órbitas y la facilidad que tienen los cometas al salirse de las mismas; incluso, puede dar cuenta tanto del movimiento de rotación planetaria así como la rotación de los satélites alrededor de los planetas.

Así, se siguen de aquí dos cosas que me parecen muy importantes. La primera es que la materia del cielo no únicamente tiene que hacer girar a los planetas alrededor del sol, sino que también alrededor de su propio centro (excepto cuando haya alguna causa particular que se los impida); y luego, que ella [la materia del cielo] debe componer pequeños cielos alrededor de aquellos [los planetas] que se mueven en el mismo sentido que el más grande. Y la segunda es que si se encuentran dos planetas desiguales en tamaño, pero dispuestos a tomar su curso en el cielo a una misma distancia del sol, de modo que la masividad de uno sea exactamente proporcional al tamaño del otro, el más pequeño de estos dos, teniendo un movimiento más rápido que el más grande, deberá unirse al pequeño cielo que estará alrededor de este más grande y girar junto con él continuamente.⁸⁴

Es interesante percatarnos que, de la misma manera que la ley anterior, si no asumimos un plenismo caeríamos en contradicción. En efecto, siguiendo los postulados cartesianos sólo bajo una concepción de un mundo lleno de materia se pueden explicar los fenómenos antes citados. Los planetas, satélites y cometas toman su en la posición que lo hacen debido a que son arrastrados por el éter. Según Dampier, Descartes imaginó al éter como una especie de fluido sutil o materia

⁸² *Idem.*

⁸³ *Ibid.*, p. 113.

⁸⁴ *Ibid.*, p. 117.

primaria [lo que he expuesto aquí como el elemento *fuego*], que formaba los vórtices de su máquina celeste y suministraba el peso y demás cualidades no incluidas en la pura extensión”⁸⁵. En efecto, en caso de no estar presionados por éste indudablemente saldrían de sus respectivas órbitas ya que el movimiento natural de la materia es el rectilíneo. Así, tanto la primera como la segunda ley son completamente compatibles con una visión plenista de la naturaleza derivada de la identidad metafísica materia-extensión.

Esta explicación de la construcción del universo refleja, a mi parecer, con claridad a lo que Descartes se refiere como fuerza centrífuga. Haciendo uso de la teoría de los vórtices, Descartes establece la ley del movimiento inercial. Como ya se detalló, no ofrece ninguna ley matemática si se me permite usar el término, pero sí ofrece una descripción de cómo actúa la fuerza centrífuga en el campo de la física, sobre todo, de la experiencia misma.

La materia tiene la disposición de alejarse de los centros de rotación o al menos eso es lo que enuncia Descartes en su segunda ley. Los planetas y toda materia son obstaculizados y a la vez empujados por las partes de la materia que los rodean. Descartes explica lo que nosotros conocemos como fuerza centrífuga como un juego de impulso-resistencia que impone la materia circundante a los planetas. La materia homogénea no sólo es diferenciada en cantidad en el momento en que empieza a moverse y dividirse. Al moverse, comienzan a dividirse de acuerdo a las leyes antes descritas; tanto la ley de inercia como la fuerza centrífuga son las que posibilitan la distinción de la materia homogénea. Para ser más clara, es gracias a los movimientos, regidos por las leyes, que la materia homogénea puede diferenciarse.

Además, a través de la teoría cartesiana, los cuerpos comenzaron a ganar una caracterización dinámica, diferenciándose de la descripción aristotélica de la inmutabilidad de los mismos. Por otra parte, se destaca la inclinación cartesiana por pintar el panorama de una naturaleza completamente racional y organizada sacrificando de alguna manera los cálculos matemáticos de la misma. Es decir, Descartes está más interesado en justificar o fundamentar la nueva concepción del mundo que en explicitar los cálculos que revela dicho orden. Como señalan Rioja y Ordóñez:

Descartes no está interesado en dedicar ni tan siquiera una sola línea al estudio cuantitativo de los cielos, esto es, al perfeccionamiento de los cálculos astronómicos. Lo que sí desea es escribir una gran obra cosmológica, opuesta a Aristóteles, en la que se dé razón de los principales fenómenos celestes y terrestres en función de las causas mecánicas que los producen.⁸⁶

⁸⁵ Dampier, William, *op. cit.* p. 175.

⁸⁶ Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* 145-146 pp.

Estableciendo la homogeneidad de la materia, las pruebas que se remitan o se adscriban a los cuerpos celestes no podrán ser diferentes a las que se adscriban a los cuerpos particulares. Las leyes del universo son tales que gobiernan de la misma manera tanto en el espacio como en la Tierra. La ciencia buscada por Descartes solicitaba cumplir las expectativas relativistas entre las cuales incluía un conocimiento universal. Por esta razón, las nociones físicas cartesianas de la ley de inercia y de la fuerza centrífuga no sólo hacen referencia a la materia del cosmos. La materia es homogénea y las leyes que las gobiernan deben ser iguales tanto en la Tierra como en el cosmos.

La fuerza centrífuga fue posible gracias a la postulación del concepto de inercia ofrecido por Descartes. En la obra antes citada, Slowik comenta lo siguiente:

Descartes ofrece una de las primeras hipótesis conocidas al identificar el fenómeno de las fuerzas centrífugas como un fenómeno ocasionado por la "tendencia" de los cuerpos a moverse (inercialmente) en línea recta. A causa de su profundo conocimiento de la explicación del movimiento relacional aristotélico, Descartes sostiene la existencia del movimiento inercial uniforme (por ejemplo, una velocidad constante que no tiene oportunidad de acelerar) como un componente integral de su propio punto de vista.⁸⁷

Para comprender a lo que se refiere la fuerza centrífuga basta con entender que todo cuerpo siempre tenderá a seguir un patrón rectilíneo y que en un radial evidentemente viajará en línea recta lejos del centro formando así un movimiento circular, el mismo movimiento efectuado por los planetas. La primera ley se ve enriquecida en muchos aspectos por la segunda.

Como había mencionado con anterioridad, en esta segunda ley –al igual que la primera – el aceptar un espacio vacío conduciría indudablemente a una contradicción. Retomando a Rioja y Ordóñez:

Si el espacio que se extiende más allá del cielo estuviera vacío, esas partes primero y todas las demás después saldrían despedidas, del mismo modo que una piedra sale de la honda. Pero, puesto que el vacío no es posible, las partes del segundo elemento o éter no podrán ascender, *a menos que otras desciendan y ocupen el lugar dejado por ellas*. Esas partes que se ven empujadas a caer son aquellas del tercer elemento, que, al moverse con menor velocidad, son expulsadas por la veloz materia circundante hacia el centro de su movimiento. Al descenso de las partes del tercer elemento en el entorno de la Tierra es a lo que Descartes llama *pesantez* o *gravedad*.⁸⁸

⁸⁷ Descartes offers one of the earliest known hypotheses identifying the phenomenon of centrifugal force as occasioned by the "tendency" of bodies to move (inertially) in straight lines. Alongside his thoroughgoing Aristotelian relational account of motion, consequently, Descartes also supported the existence of uniform inertial motion (i.e. a velocity that is constant and does not change, or accelerate) as an integral component of his own view. Slowik, Edward, *op. cit.* p. 11.

⁸⁸ Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 161.

Considerar el espacio vacío implicaría una contradicción de acuerdo a esta ley. Como ya se mencionó, sin el elemento del éter que ponga resistencia, los planetas se saldrían de sus órbitas ya que seguirían su curso en línea recta, siendo éste su movimiento natural. El plenismo no sólo es una condición derivada de la definición ontológica de materia sino que forma un elemento clave para la explicación de los fenómenos físicos. La noción de inercia aunada a la noción de fuerza centrífuga hacen compatible la física cartesiana con la asunción de un plenismo.

De acuerdo con Slowik, la filosofía cartesiana posee una noción originaria de inercia ya que la admite como una constante que no abre posibilidad a la cuantificación de sus cambios o aceleración. Así, lo que sostiene Descartes es una noción de movimiento inercial. La razón por la cual no establece alguna aceleración es porque no tiene una noción clara de velocidad o cambio de velocidad. Recordemos que para hacer referencia al tiempo, Descartes hace uso del término "rapidez" y en caso de hacer uso del término "velocidad" a lo mucho podríamos asumir una noción de rapidez uniforme.

Como se pudo apreciar en estas dos leyes expuestas, la filosofía natural de Descartes es, en su mayoría, descriptiva e hipotética. Los conceptos usados no son realmente precisos y, a pesar de que Descartes quiere hacer uso únicamente de las cualidades primarias, es decir cuantificables, no muestra alguna relación matemática. La imprecisión terminológica de la física cartesiana tampoco puede ser considerada como una explicación vaga de la creación, existencia y permanencia del mundo.⁸⁹ La física cartesiana es un estudio que desde su comienzo ha intentado, en la medida de lo posible, ser deductivo, consistente, predictivo y explicativo por lo cual, considero que no se haría justicia con el autor al reducirlo a una explicación mitológica. Cómo señala Benítez en su obra *Descartes y el conocimiento del mundo natural*:

En realidad, la teoría de los vórtices es analógica y descriptiva; se extrañan en *El mundo*, formulaciones más precisas y deducciones rigurosas, sin embargo, tampoco puede decirse que sea una mera fábula. Considero que la descripción, a la que hace alusión Descartes, no es la descripción del mundo natural en el sentido tradicional, es decir, presentar el mundo físico como diversidad de sustancias con cualidades intrínsecas. Justamente su modernidad consiste no sólo en la reducción sustancial y homogeneización del universo, característica de la vía de reflexión epistemológica, sino en la búsqueda de una explicación ordenada de todos los fenómenos naturales, precisamente a partir de la unidad

⁸⁹ Desde mi punto de vista, a partir de que Descartes señala una terminología – aunque sea básica– que constituye toda física ya es una gran aportación. Esta contribución a la historia de la física es enriquecida con una propuesta que en ciertos postulados se ha mostrado como consistente no sólo a un nivel teórico sino compatible con los resultados arrojados de las investigaciones astronómicas de su tiempo.

material del universo y remitiendo la explicación de su variedad y multiplicidad.⁹⁰

Como señala Benítez, la aportación cartesiana a la física fue significativa. Aunque en cierto sentido careció de la formalidad con la que estos estudios son en su mayoría caracterizados, ha de reconocerse que contribuyó considerablemente en el modo de proceder científico. La reflexión epistemológica descrita en un principio contribuyó al desarrollo de la explicación de la física como una explicación de fenómenos ordenados, regidos por leyes que incluyen a todo tipo de cuerpos, por lo menos, constituye un cierto antecedente de la física clásica.

Retomando las leyes de la naturaleza, la tercera es la siguiente:

*Que un cuerpo, al chocar con otro más fuerte, no pierde nada de su movimiento; mas chocando con otro menos fuerte, pierde tanto cuanto transmite al otro.*⁹¹

La fuerza no es entendida como una inclinación proveniente de los cuerpos sino la transmisión del movimiento a través de los choques de la misma. La transmisión del movimiento en los cuerpos es la causa del movimiento del mismo. Como he descrito con anterioridad, Dios es la causa universal del movimiento en su acepción general, pero son los cuerpos los causantes del movimiento particular. Por otra parte, al diferenciarse la materia, sólo en la medida de su velocidad y masa y por tanto toda causa particular estará contenida en esta ley, es decir, que no puede existir un cuerpo que escape de dicho dictado. —Y todas las causas particulares de las mutaciones que acaecen a los cuerpos están contenidas en esta ley; al menos las que son corpóreas, pues no inquirimos ahora si las mentes humanas o angélicas puedan mover los cuerpos”.⁹²

No le parece tan prudente a Descartes apuntar a un dualismo en las leyes, es decir, que existen leyes en la sustancia diferentes a las de la naturaleza. Para un estudio científico será suficiente postular una serie de leyes que den cuenta de la acción de la materia, que sean probadas y sobre todo, predictivas.

Retomando la tercera ley del movimiento los conceptos físicos introducidos son básicamente dos: la resistencia y el volumen del cuerpo. La resistencia es considerada como la capacidad del cuerpo a resistirse al impacto del otro.

Cuando un cuerpo en movimiento se encuentra con otro, si tiene menos fuerza para seguir en línea recta que el otro para resistirle, entonces se debía hacia otra

⁹⁰ Benítez, Laura, *Descartes y el conocimiento del mundo natural*, p. 50.

⁹¹ Descartes, *Los principios de la filosofía*, p. 62.

⁹² Descartes, *Los principios de la filosofía*, 62-63 pp.

parte y, reteniendo su movimiento, sólo pierde la determinación de su movimiento; pero si tiene más, entonces mueve consigo al otro cuerpo y pierde tanto movimiento cuanto le da del suyo.⁹³

A diferencia de las leyes anteriores, en esta última vemos comprendidos varios de los conceptos que se han venido trabajando, fuerza, resistencia, masa, movimiento. Antes de señalar qué son y cómo son posicionados estos conceptos en la física cartesiana y qué problemas traen consigo señalaré cuáles son las pruebas ofrecidas por Descartes para dichas leyes.

La primera prueba consiste en diferenciar en primera instancia: el movimiento visto en sí y la determinación del movimiento en cierta dirección. Esta diferencia establecida por Descartes hace posible explicar cómo un cuerpo puede cambiar de dirección y aún así conservar el movimiento. El argumento se desarrolla de la siguiente manera:

- i) Toda cosa en movimiento conserva su movimiento siempre y cuando no sea destruida por alguna cosa externa. Esta premisa se ve apoyada por el principio mecanicista, un cuerpo no puede cambiar de dirección, comenzar a moverse o detenerse a menos que sea impulsado o impedido por otro cuerpo.
- ii) Si un objeto choca con otro entonces impide que el movimiento del cuerpo con el que ha chocado siga determinado en la misma dirección.
- iii) Si el movimiento no es contrario entonces no se puede disminuir el movimiento, sólo cambia la dirección.

La segunda prueba del argumento se apoya en el principio metafísico de la inmutabilidad de Dios y es la siguiente:

- i) Dios, al crear al mundo, movió en diversa manera sus diversas partes e hizo que unas empujaran a otras y le transmitieran sus movimientos.

Así, Dios no conserva el movimiento fijo siempre en las mismas partes de la materia sino pasando de una a otras según el mutuo choque.

Una vez asentada la prueba cartesiana de la última ley lo más propicio es señalar algunos aspectos compatibles entre estas leyes. El primero y más notorio es que las tres tienen un soporte metafísico, están sustentadas por el principio de inmutabilidad de Dios. Esto supone un lazo estrecho entre la física y la metafísica. La física cartesiana es una física que siempre estuvo

⁹³ *Ibid.*, p. 62.

diseñada a ser derivada de un estudio metafísico y las propias leyes que exponen revelan esta insistente inclinación.

Otro aspecto relevante en la postulación de las leyes cartesianas – que es lo que concierne a mi investigación – es la compatibilidad que hasta el momento tienen estas leyes físicas con la postulación plenista de la física. De hecho, como vimos en las dos primeras leyes, el postular un vacío en el universo implica una contradicción en la teoría misma. Por tanto, la concepción de espacio cartesiano no sólo es una derivación conceptual de un estudio metafísico sino que constituye la base misma de la filosofía natural cartesiana. De esta manera, todos los conceptos físicos que sean manejados en ella se derivan de la concepción cartesiana del espacio.

A continuación, explicaré algunos de los conceptos físicos postulados por Descartes y que contribuyeron considerablemente a los estudios posteriores. Uno de ellos, que se encuentra implícito en las leyes antes mencionadas, es el concepto de fuerza. Hasta este momento sólo se ha ofrecido una visión negativa del concepto cartesiano de fuerza bajo la cual se afirmaba que no se trata de una inclinación ínsita en los cuerpos ya que para Descartes la materia es inerte.

Una de las bases para entender el concepto de la fuerza en la propuesta de Descartes es la solidez que éste le atribuye a los cuerpos. El carácter sólido de la materia, derivado de una concepción geométrica de la misma, al ser llevado a la física deviene en un concepto particular identificado con el volumen del mismo o, como afirma Slowik, una función de tres variables: la cantidad de materia del tercer elemento, el área de superficie y el volumen. En efecto, al ser llevado al plano de la física, el cuerpo geométrico tiene que considerarse en movimiento relacionado con los otros cuerpos y de acuerdo a su cantidad de materia o masa.

En su obra *El mundo o tratado de la luz* el físico francés señala una ley derivada de la noción geométrica y física de solidez material. En efecto, un cuerpo – como el descrito por Descartes – es capaz de poner resistencia debido a su solidez, su masa y el volumen de la misma. Descartes señala la siguiente ley:

Consideren que esta *fuerza* no depende solamente en la cantidad de la materia que está en cada cuerpo, sino también de la extensión de la superficie. Pues aunque, cuando dos cuerpos se mueven igualmente rápido, sea verdadero decir que si el uno contiene dos veces tanta materia como el otro, tendrá también dos veces tanta agitación, no por eso quiere decir que tenga dos veces tanta fuerza para continuar moviéndose en línea recta, sino que tendrá exactamente dos veces tanta fuerza si, además, su superficie es justamente dos veces tan extensa, porque encontrará siempre dos veces otros tantos cuerpos que le harán resistencia; y tendrá mucho menos si su superficie es mucho más que el doble de su extensión.⁹⁴

⁹⁴ Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, 113-114 pp. Las cursivas son mías.

La ley que defiende Descartes señala en términos generales que la fuerza o velocidad del cuerpo no dependerá únicamente de la cantidad de materia que éste posea sino también de su extensión o del área de la superficie. Como vimos en la cita, el argumento que describe Descartes es una comparación entre dos objetos para mostrar que la velocidad o fuerza para continuar su movimiento (lo que él llama agitación de los cuerpos) es irreductible a la cantidad de su materia. Tenemos dos objetos que comparten la cantidad de materia y sin embargo difieren en su extensión (el doble). Si la fuerza no dependiera de la extensión, estos objetos tendrían la misma velocidad y fuerza. Descartes ofrece una explicación teórica de por qué los cuerpos no podrían tener la misma velocidad y fuerza. La razón es que si un cuerpo ocupa el doble de extensión tendrá – por definición geométrica – el doble de cuerpos que rodeen su superficie o, para ser más precisos que resistan su trayectoria.

Esta ley refleja que el concepto de fuerza cartesiano está íntimamente ligado al tamaño del cuerpo y la superficie que no es otra cosa que su extensión. Como señala Slowik, la fuerza de agitación está relacionada con la solidez, el área de superficie, la cantidad de materia y el volumen. Sin embargo, también destaca que la filosofía cartesiana no es clara en el uso de sus términos ya que son más bien descriptivos y que existen algunas contradicciones en la misma.⁹⁵

Así, la fuerza se muestra como un hecho fundamental en los cuerpos materiales. La fuerza descrita por Descartes no es ínsita, es decir, no tiene su génesis en el cuerpo sino que es transmitida desde fuera. En resumidas cuentas, podemos decir que la fuerza de un cuerpo sólo se pierde o se transmite lo cual es consistente con la premisa de que Dios pone la misma cantidad de materia y movimiento. Por tanto, la fuerza no es más que el impulso por la recepción o transferencia del movimiento. Hay que notar aquí que si bien, Descartes rechaza una noción de fuerza como algo oculto en los cuerpos materiales su teoría propició la implementación de un mecanicismo dinámico.

A mí parecer, algunos de los problemas teóricos que presentó la filosofía natural cartesiana se debieron a la difícil posición en la que se ubica a Descartes; por una parte, los avances del filósofo francés lo aproximaban a una teoría dinámica, por otra su mismo contexto histórico le impedía sustentar esta clase de términos debido a que no quería que fueran entendidos de la forma que los entendían las teorías previas. Es por esto, que Descartes optó por no brindarle un estatus especial al concepto de fuerza de la misma manera que tampoco le era posible hacerlas a un lado:

⁹⁵ Un ejemplo expuesto en el capítulo 4 de la obra antes citada menciona que Descartes se contradice ya que, por una parte afirma que la fuerza de agitación puede ser cambiada cuando se cambia la forma del movimiento y por otra parte afirma que en el caso de las estrellas depende únicamente de la cantidad de materia del tercer elemento. *Cfr.* Slowik, Edward, *op. cit.* cap. 4.

Estas cualidades – tamaño, forma y movimiento – tienen un estatus especial debido a la cercana relación que tienen con la extensión. En efecto, los modos de extensión son los modos o maneras por las cuales algo *es* extenso. Por tanto, ya que las fuerzas inerciales son una *forma* o *consecuencia* del movimiento, Descartes no se opone a incorporar este fenómeno dentro de los modos de la sustancia material.⁹⁶

No cabe duda, el concepto de fuerza resultó un tanto problemático para Descartes, por un lado no quería postularlo como parte esencial de los cuerpos para que no fuera malinterpretado; por el otro, tal es la importancia de este concepto que le fue imprescindible. Por esta razón, como afirma Slowik, Descartes postula la fuerza como un concepto adicional en su filosofía natural. En efecto, señala que para Descartes la fuerza es un fenómeno resultado del comportamiento de los cuerpos no son propiedades ínsitas en los cuerpos sino cierta disposición para el movimiento.

Una vez asentado el concepto de fuerza: ¿Cómo se puede medir la fuerza de un cuerpo? Lo que afirma Descartes es lo siguiente: —Deahí que para poder determinar cómo los cuerpos aumenten o disminuyan sus movimientos o los desvíen a otras partes por el choque con otros cuerpos, es menester calcular cuánta fuerza hay en cada uno, ya para mover, ya para resistir al movimiento; y establecer como cierto que el más fuerte obtiene su efecto”.⁹⁷ El concepto de fuerza implica el impulso del cuerpo para mover y la capacidad para resistir, por ello, al momento de calcular el movimiento es imprescindible conocer el impulso y la resistencia de los cuerpos a interactuar. Cabe destacar, que al ser el movimiento un concepto de relación, es decir, que relaciona al moviente con lo movido, el cálculo del mismo siempre es comparativo, pone en relación a los cuerpos tomando en cuenta: el volumen, el área de la superficie y su cantidad de materia. Como afirma Slowik:

Podemos generalizar esta sección de la hipótesis de Descartes como sigue: Dados dos cuerpos del mismo volumen e idéntica cantidad de materia del tercer elemento (o del segundo si es un glóbulo), el cuerpo que posea la menor área de su superficie albergará la mayor fuerza de agitación. Por tanto, ya que la fuerza de agitación está relacionada con la solidez, nuestras tres cantidades – volumen, superficie y cantidad de materia – son partes esenciales en la magnitud de esta fuerza.⁹⁸

⁹⁶ These qualities – size, shape and motion – are accorded a special status due to their close relationship to extension. In effect, the modes of extension represent the means or manner by which something *is* extended. Thereupon, since inertial forces are a *form* or *consequence* of motion, Descartes apparently did not object to incorporating these phenomena within the discussion of the modes of material substance. Slowik, Edward, *op. cit.* p. 57.

⁹⁷ Descartes, *Los principios de la filosofía*, 64-65 pp.

⁹⁸ We can generalize this section of Descartes’s hypothesis as follows: given two bodies of identical volume and identical quantities of third element matter (or second, if it is a globule), the body possessing the smallest surface area will harbor the greatest agitation force. Therefore, inasmuch as agitation force is linked to

Como señala Slowik, para Descartes es importante el concepto de extensión [*surface area*] ya que es una parte fundamental en la explicación de la fuerza. Lo que he intentado demostrar hasta el momento, es que el concepto de espacio está intrínsecamente ligado en la construcción de la física. Por otra parte, también señala Slowik que la teoría de la conservación del movimiento es cuestionable ya que Descartes no sólo no explica qué cantidades son conservadas sino que el hecho de que Dios garantice cierto tipo de conservación no implica una conservación en el movimiento de los cuerpos.

Como se ha visto la física cartesiana no es más que un compendio interdisciplinar. La metafísica cartesiana arroja una identidad entre la materia y espacio. Como señala Benítez: —Descartes intentó que éstas teorías, la ontológica, la matemática y la física, fueran compatibles entre sí, con lo cual tendría una propuesta consistente y sistemática”.⁹⁹

Recapitulación:

Como se ha probado a lo largo de esta investigación la filosofía cartesiana es el producto de la motivación del filósofo francés por responder a ciertas demandas de la crisis científica de su época. El resultado de dicha ambición es una física fuertemente unida a la metafísica guiada bajo un método científico que la conduce a dicho destino. La importancia del concepto cartesiano de espacio estriba en que se establece como el puente entre el plano físico y metafísico, de ahí es derivado todo el estudio físico. Por otra parte, el concepto de espacio cartesiano invita a considerar únicamente los aspectos cuantitativos de los cuerpos lo cual conlleva a un trato matemático-geométrico de dicho término.

En cuanto a la física cartesiana, como producto de la metafísica y matemática, son destacables los conceptos cartesianos concernientes y cómo son tratados. Todos los conceptos mostrados son necesarios en el sentido en que el mismo trato metafísico y matemático los condujo a mostrarse como lo hacen; es decir, cada concepto cartesiano fue derivado de las mismas condiciones metafísicas y geométricas. Concuerdo con Slowik en que como tal, es difícil la defensa de la filosofía natural cartesiana. Como vimos a lo largo del capítulo, dista mucho de ser clara en algunos de sus conceptos y las relaciones que muestra de los mismos son cuasi-matemáticas y en muchos casos descriptivas. No cabe duda de que aunque Descartes presenta una filosofía natural altamente especulativa, su valor radica en la influencia que tuvo para los estudios posteriores, lo

solidity, our three quantities – volume, surface area, and quantity of matter – are essential ingredients in the magnitude of this force. Slowik, Edward, *op. cit.* p. 84.

⁹⁹ Benítez, Laura, *Descartes y el conocimiento del mundo natural*, p. 40.

cual se argumentará en el siguiente capítulo. Por tal motivo me parece pertinente destacar tanto los aspectos positivos como los problemáticos de la filosofía natural cartesiana.

En relación a los aspectos positivos observados cabe destacar:

- 1) La introducción de un método científico.
- 2) La postulación de una física que no se basa únicamente en el sentido común.
- 3) La introducción de leyes aplicables a todos los fenómenos.
- 4) La postulación de los conceptos que brindarán un gran soporte a la física clásica, como lo son: la inercia, cantidad de materia, fuerza centrífuga y el movimiento rectilíneo.
- 5) La explicación de fenómenos fundamentados en un análisis lógico-teórico.

En cuanto a los aspectos problemáticos o posiblemente objetables se encuentran:

- 1) La dependencia de la física a la metafísica (del cual se derivan los siguientes puntos)
- 2) La postulación de ciertos aspectos o principios que no han sido completamente analizados.
- 3) La falta de precisión de los términos físicos.
- 4) La postulación de una física que aún bajo las determinantes matemáticas no ofrece a detalle las relaciones matemáticas de los postulados físicos.

Capítulo 2. Isaac Newton

1. Bases de la filosofía natural newtoniana

1.1. Comunicación de la ciencia. Instituciones científicas

En este apartado, señalaré algunos aspectos del contexto del filósofo de la naturaleza y matemático Isaac Newton que considero fueron relevantes para la construcción de la “física clásica” haciendo un especial énfasis en los problemas a los cuales la ciencia tenía que dar respuesta. Ya que mi proyecto tiene como objetivo hacer una comparación entre la filosofía natural cartesiana y newtoniana constantemente estaré haciendo referencia a las bases que la posibilitaron.

Isaac Newton nació en el año 1642 (mismo año de la muerte de Galileo) en Woolsthorpe, Lincolnshire. Fue educado en la Grantham School y en 1661 ingresó al *Trinity College* donde tomó las clases de matemáticas de Isaac Barrow. Sus primeros trabajos se enfocaron en las áreas de óptica, química, cronología bíblica, alquimia y teología. En 1665, la epidemia de la peste bubónica, ocurrida en Cambridge, obligó a Newton a regresar a su casa paterna en Woolsthorpe donde, mostrando un claro interés por los problemas planetarios, forjó tres ideas que posibilitaron algunos descubrimientos científicos tales como: las fluxiones, la gravitación universal y la dispersión de la luz.

No es de sorprender el interés que Newton tenía hacia el estudio de la naturaleza. El siglo XVII fue indudablemente un siglo de investigación de la misma. Como ya he mencionado en el capítulo anterior, los nuevos saberes fueron abriéndose paso ante una escolástica que no pudo más que ceder. El carácter silogístico y apegado a concepciones teológicas fue sustituido por la modernidad tendiendo un puente entre el saber medieval (místico y cualitativo) a un saber moderno (experimental y cuantitativo).¹⁰⁰ El derrumbe de las teorías feudales clásicas propició un terreno intelectual apropiado para la construcción de las ciencias modernas.

Sin embargo, es preciso señalar que, a pesar de que Newton sea prácticamente reconocido como el fundador de la física clásica (experimental y ajena a cualquier carácter místico), lo cierto es que el físico inglés tenía influencias neoplatónicas que lo condujeron a realizar estudios que pueden ser considerados como místicos o esotéricos. Como afirman Cohen y Smith en *The Cambridge Companion to Newton*:

A pesar de que la fama y la reputación de Newton están basadas en su trabajo científico respecto a la mecánica racional, la cosmología, la óptica y las matemáticas, la fuerza creativa de su intelecto no se limitaba a estos temas. De igual forma, Newton estaba profundamente comprometido con su investigación sobre lo que podríamos

¹⁰⁰ Cfr. Desiderio, Papp y Babinni, José, *op. cit.* p. 1.

considerar como estudios esotéricos, considerando la cronología histórica y bíblica, la teología, la profecía, la tradición de la sabiduría antigua y la alquimia.¹⁰¹

Por otra parte, la creación de las sociedades científicas fue un detonante para el desarrollo científico. Las sociedades científicas surgieron con reuniones de amigos interesados en las ciencias. Algunas de las más destacadas fueron la *Accademia dei Lincei* (1603), la *Académie des Sciences* (1666) y la *Royal Society* (1662).¹⁰² Me parece pertinente señalar las bases sobre las que se forjó dicha sociedad ya que, en 1703 Newton se convirtió en su presidente.

Desde sus cimientos, la *Royal Society* se pronunció como una institución fervientemente dedicada al estudio de la naturaleza. En 1663, Robert Hooke estipuló en un escrito que el propósito de la *Royal Society* era mejorar el conocimiento de la naturaleza y de las artes útiles haciendo uso de la experimentación intentando no trastocar discusiones relacionadas con la teología, metafísica, moral, política, gramática, retórica o lógica.¹⁰³

Así, Newton se vio favorecido por un contexto en el cual los científicos ya contaban con un espacio en el cual podían compartir con mayor facilidad las teorías e hipótesis que formulaban así como los resultados de sus experimentos.

1.2. La fabricación de instrumentos y la visión matemática del mundo

El rompimiento con la escolástica desbarató el esquema de una filosofía natural altamente especulativa cuyos métodos consistían en trabajar en cubículos sin recurrir a la observación ni a la experimentación. Precisamente, la revolución científica trató de sustituir una filosofía especulativa por una filosofía práctica que ofreciera conocimientos útiles que facilitaran la vida. Por ello, no es de extrañar que algunos de los primeros adelantos y descubrimientos estaban inclinados a responder problemas técnicos como: las bombas hidráulicas, la artillería y la navegación.¹⁰⁴ No menos importante fue el papel que jugaron los artesanos el cual contribuyó considerablemente a forjar el sentido instrumental de aquella época. Gracias a esto, los científicos comenzaron a incursionar en la fabricación de instrumentos.

¹⁰¹ Although Newton's fame and reputation are built on his scientific work in rational mechanics, cosmology, optics, and mathematics, the creative force of his intellect was not limited to these subjects. Newton was also deeply committed to his research into what seem to us esoteric domains, including historical and biblical chronology, theology, prophecy, a tradition of ancient wisdom, and alchemy. Cohen, Bernard y Smith, George, *op. cit.* p. 23.

¹⁰² *Cfr.* Dampier, William, *op. cit.* p. 177.

¹⁰³ *Cfr.* Bernal, John, *op. cit.* p. 436.

¹⁰⁴ *Cfr.* Bernal, John, *op. cit.* p. 432.

De esta manera, los científicos comenzaron a tener una cercanía con la naturaleza a través del uso de instrumentos. Si a los ojos humanos les era imposible observar el cosmos era menester la fabricación de instrumentos para extender y perfeccionar los sentidos.

Así, tres factores importantes de la revolución científica fueron: la teoría heliocéntrica, la despreocupación por el problema de las esencias y la acción divina, la inserción de un modelo matemático que explicara los fenómenos y la concepción mecanicista del universo, esta última – esbozada en el capítulo anterior – complementa a la perfección la tendencia instrumental de la ciencia moderna:

Las máquinas y los instrumentos dotaron a los científicos de un símil que marcaría el desarrollo de sus indagaciones durante varios siglos: *la naturaleza es casi idéntica a una máquina* y, por lo tanto, los fenómenos que ocurren en el cuerpo humano, el Universo o en la Tierra pueden explicarse gracias a esta imagen que se ajustaba a la perfección con las matemáticas y los experimentos. De esta manera, la unión de las matemáticas, el instrumental científico y la imagen de la máquina, desembocó en la idea del experimento como una reproducción de un fenómeno natural que puede ser observado con cierta objetividad, para posteriormente ser descifrado en términos matemáticos.¹⁰⁵

La determinación mostrada por los científicos de elaborar artefactos basados en modelos matemáticos llevaba implícito el convencimiento de un universo ordenado. Su tarea consistía en construir un modelo universal que fuera capaz de explicar los fenómenos físicos con mayor precisión. Dichos artefactos revelaron una serie de fenómenos, de los cuales en muchos casos no se encontraba una explicación precisa. Sin duda alguna, uno de los aspectos más importantes de esta época fue la apuesta que se hizo a la ciencia y a la técnica: —Hasta el siglo XVII no se doma ni se consigue ensillar, por decirlo así, a la experimentación, transformándola en una máquina poderosa y eficaz que comenzase a funcionar en aquellos momentos para arrastrar a la ciencia y la técnica en el largo camino que desde entonces ha recorrido”.¹⁰⁶ Ciertamente la época de Descartes se fundó en una visión mecanicista del mundo pero el contexto de Newton ya disfrutaba de algunos avances o mejoramientos en sus artefactos – como el caso del telescopio –. Sin embargo, al igual que en todas las épocas, el siglo XVII tenía sus propias problemáticas por resolver y objetivos a alcanzar.

1.3. Los problemas de la filosofía: la delimitación a problemas físicos

Ya que el hombre cambió su actitud ante las concepciones de la materia y el movimiento, éstas encabezarón las problemáticas y discusiones. La mayor herencia con la que contaban era, sin duda,

¹⁰⁵ Trueba, José, *Ciencia. Una historia contada por sus protagonistas*, Aguilar, México, 2004, p. 15.

¹⁰⁶ Butterfield, Herbert, *Los orígenes de la ciencia moderna*, Taurus, España, 1971, p. 130.

la teoría heliocéntrica copernicana. Como antecedente, la teoría física aristotélica tenía la noción de un Universo dividido para el cual, era necesario establecer dos tipos de mecánicas: una sublunar y otra supralunar. Como se argumentó en el capítulo anterior, las ideas cartesianas buscaban leyes universales por lo que no era necesario, incluso era objetable, el establecimiento de dos mecánicas. Al ser la mecánica y la astronomía las ramas que habían arrojado mayores resultados, las problemáticas fueron orientadas a dichos estudios. Los problemas a resolver por los filósofos de la naturaleza en esas áreas eran los siguientes:

1. Ofrecer una concepción correcta del movimiento.
2. Explicar por qué los planetas se mueven en órbitas y qué los mantiene en rotación.
3. Explicar el problema de la atracción.

Antes de mostrar en qué consisten me parece pertinente destacar que los problemas científicos que Newton tiene que resolver difieren en cierta medida de las problemáticas que Descartes trató de enfrentar. A simple vista, se reconoce que los problemas de Newton son concernientes al plano de la física, los problemas filosóficos no tienen en Newton la importancia que tuvieron para Descartes.

En relación a los problemas físicos no hay mucha diferencia – Descartes también intentó dar una explicación del movimiento de los cuerpos así como de lo que llamamos gravedad y el movimiento planetario –. Sin embargo, Newton en ningún momento trata de justificar por qué pueden existir leyes universales a través de una postura metafísica: ¿Cuáles fueron las razones por las cuales el físico inglés no incursionó en dicha problemática? Puedo señalar por lo menos tres:

La primera es: *la homogeneidad de la materia expuesta por Descartes*. Como ya he descrito, el sistema cartesiano intentó, en la medida de lo posible, romper con el sistema precedente (aristotélico) inclinándose a pensar que el mundo obedece a un cierto orden bajo el cual la materia, al ser homogénea, no puede más que comportarse de acuerdo a las leyes establecidas. Considero que la mayor aportación que ofreció Descartes a la física newtoniana fue precisamente el estipular que la filosofía natural debe tener un carácter universal, que las leyes deben regir a todos los cuerpos debido al fundamento ontológico de la materia. Más allá de los conceptos físicos tomados por Descartes que fueron adquiridos, rechazados o modificados por Newton la inobjetable afirmación de la existencia de leyes físicas – regidas en Descartes por principios metafísicos – fue el detonante que impulsó considerablemente el estudio de la física clásica.

En Descartes no hay una división marcada entre cuerpos celestes y terrestres, siendo éste uno de los puntos aceptados por Newton. La materia al ser extensa es igual en cualquier punto. Por tanto, no hay necesidad de determinar una división y mucho menos desarrollar leyes que le sean

propias. La razón humana y Dios son los fundamentos que permiten afirmar la existencia de leyes físicas.

Si bien Newton con el tiempo discrepará de las teorías cartesianas, comparte con ellas los siguientes puntos: la necesidad de ofrecer una explicación del movimiento de los planetas en un modelo heliocéntrico (diferiendo de la explicación del mismo), el rechazo a las explicaciones aristotélicas del movimiento y la imposibilidad de que algún cuerpo pueda por sí mismo modificar su estado.

La segunda razón son: *las leyes del movimiento planetario de Kepler*. En relación a la construcción de la física clásica newtoniana, otro científico que brindó gran soporte al físico inglés fue Kepler. En su tiempo, Kepler ofreció algunas de las primeras leyes matemáticas que regían los movimientos de los cuerpos celestes. Sin embargo, cabe destacar que estas leyes sólo gobernaban el movimiento de los planetas y no ofrecían una explicación del movimiento de los cuerpos terrestres.

La tercera razón son: *las leyes del movimiento de los cuerpos de Galileo*. Bernal asegura que la física de Galileo representa la culminación al ataque de las ciencias antiguas. Dichas diferencias son explicables a raíz del desarrollo de la tecnología. En la antigüedad, las únicas referencias que tenían para describir el movimiento de los cuerpos eran a través de la aplicación de las fuerzas. Por el contrario, en la época de Galileo muchos artefactos – como es el caso de los cañones – permitieron pensar en movimientos más sofisticados y sumamente complejos. Las leyes que postuló Galileo eran concernientes a los movimientos de los cuerpos terrestres, es decir, referían a la caída libre de los cuerpos y a la trayectoria de los proyectiles; no obstante, no fueron aplicadas para explicar el movimiento de los cuerpos celestes.

Tanto Kepler como Galileo realizaron una importante aportación a las teorías cosmológicas, este último realizando a su vez destacables estudios es en relación a las leyes de los cuerpos terrestres. La física newtoniana es un intento por sintetizar ambas teorías,¹⁰⁷ unificar las teorías físicas de tal modo que un conjunto de leyes sean capaces de explicar los fenómenos naturales tanto terrenales como celestes. A mi parecer, bajo esta síntesis subyace la tendencia cartesiana (retomada por Newton) de ofrecer leyes universales.

1.4. Método científico newtoniano

Newton recibió educación científica de la Universidad de Cambridge. Sin embargo, la formación académica de esta institución era, en su mayoría, escolástica. Si bien ya contaba con algunos tintes renacentistas aún estaba basada en las antiguas disciplinas medievales. La insatisfacción del joven inglés era comprensible ya que él había incursionado con gran interés en los estudios que arrojaba

¹⁰⁷ Cfr. Dampier, William, *op. cit.* p. 174.

su época, los cuales, no habían sido bien recibidos en las instituciones. Como apunta Eloy Rada en la introducción de la obra de Newton *Principios matemáticos de la filosofía natural*: —Sus <<notebooks>> permiten afirmar que no concluyó la lectura de sus libros de texto y que muy pronto el análisis crítico de los mismos lo empujó hacia la lectura de autores extracurriculares, como, por ejemplo, Descartes, Gassendi, Galileo, Boyle, Hobbes, K. Digby, J. Glanville, H. More, etc.”.¹⁰⁸

En un principio, Newton adoptó la teoría cartesiana. El análisis que él hizo de la filosofía cartesiana lo impulsó a seguirlo tanto en el objetivo – construir un sistema que unifique y explique todos los fenómenos físicos – como en el medio – establecer un método científico –. En efecto, al incursionar en la filosofía natural de la época, Newton se tenía que ocupar tanto de los aspectos filosóficos como metodológicos.

La física newtoniana partió de la filosofía natural y desembocó en lo que conocemos como física clásica. Cabe señalar que Newton no se separó tanto de la filosofía cartesiana en relación a los aspectos metodológicos como lo hizo con los aspectos filosóficos. No tenía la intención de entrometerse en fundamentos metafísicos como lo hizo Descartes y no necesitaba mostrar un fundamento para las ciencias puesto que él pensaba que sí era posible dar cuenta de leyes universales, lo único que hacía falta era exponerlas en un lenguaje matemático.

La oposición a un tratado filosófico-metafísico no implica que el estudio de Newton se deslinde por completo de la filosofía natural. En la medida en que busca una explicación o la verdad, ya apunta a una reflexión sobre el mundo, un quehacer filosófico. El hecho de que asuma que hay verdades en el mundo que pueden ser descifrables implica ya una posición filosófica. Como dice Rada: —Newton oficia de filósofo natural en el sentido histórico del término en ese momento y, como lo hicieran Descartes, Gassendi, More, etc. aspira a develar los secretos de la naturaleza hasta donde sea posible, sin importar que alguno de ellos se resista al intento. Saber cómo es el mundo, cómo se mueve y por qué”.¹⁰⁹

Pese a la convicción de Newton del necesario seguimiento de un método científico no hizo uso del mismo método expuesto por Descartes. Las reglas del método propuesto por Newton que son descritas en su obra *Los principios matemáticos de la filosofía natural* tienen un enfoque matemático. Newton señala cabalmente que las antiguas formas de abordar la filosofía son obsoletas y que la verdadera forma de tratar los fenómenos es a través de la matemática. Por tal motivo, comienza su tratado con una de las ramas de la física que ha sido tratada desde la antigüedad: la mecánica. Escribe Newton:

¹⁰⁸ Rada, Eloy, “Introducción” en *Principios matemáticos de la filosofía natural*, Alianza, Madrid, 1987, p. 16.

¹⁰⁹ Rada, Eloy, *op. cit.* p. 65.

Habiendo los antiguos en la investigación de la naturaleza, practicando sobre todo la *Mecánica* (como lo hizo *Pappo*), y como los más modernos, desechadas ya las formas sustanciales y las cualidades ocultas, hubiesen intentado reducir los fenómenos de la naturaleza a leyes matemáticas, nos parece oportuno tratar en esta obra la parte *Matemática* que se relaciona con la *Filosofía*.¹¹⁰

Newton señala que existen dos tipos de mecánicas: la mecánica racional y la mecánica práctica. La mecánica racional pretende explicar los movimientos a través de las demostraciones exactas. Ciertamente, este tipo de mecánica encuentra su fundamento en la geometría. Sólo la geometría es capaz de brindar los cimientos adecuados para la construcción de una mecánica universal. Por otra parte, a la mecánica práctica pertenecen las artes manuales. Se diferencia de la mecánica racional ya que tiene menos exactitud debido al uso de imperfectos artificios. Por tanto, se asocia a la mecánica racional (geométrica) con la magnitud y a la mecánica práctica con lo moviente.

Como seguidor de la filosofía natural cartesiana, Newton optará por la mecánica racional. La mecánica práctica sólo da cuenta de los movimientos de las artes manuales, para una filosofía natural que pretende explicar todo tipo de movimiento una mecánica práctica, además de ser inexacta, es reductiva. Newton señala claramente en *Los principios* que el interés de su estudio era el tratamiento filosófico de la naturaleza:

En cambio nosotros, cultivando no las artes, sino la filosofía, y escribiendo no de las fuerzas manuales, sino de las naturales, tratamos sobre todo lo relativo a la gravedad, levedad, elasticidad, resistencia de los fluidos y fuerzas por el estilo, ya sean de atracción o de repulsión; y por ello proponemos estos nuestros principios matemáticos de filosofía. Pues toda dificultad de la filosofía parece consistir en que, a partir de los fenómenos del movimiento, investiguemos las fuerzas de la naturaleza y después desde estas fuerzas demostremos el resto de los fenómenos.¹¹¹

Como se puede apreciar en esta cita, las problemáticas filosóficas formuladas por Newton son de carácter físico. Si bien, Descartes también intenta dar una solución a estas problemáticas Newton incursiona en el problema de la justificación de la filosofía natural. Lo que le interesa resolver es un problema físico: la búsqueda de leyes que expliquen el movimiento de los cuerpos a través del estudio matemático-mecánico de las fuerzas. A diferencia de Descartes, Newton no señala el método científico a seguir antes de proceder con su investigación. Una vez que el propósito de la filosofía se realice – el encontrar leyes universales – se hará explícito el método que lo hizo posible. Y aunque Newton no haga su método de forma tan explícita como lo hiciera Descartes, se

¹¹⁰ Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, trad. Eloy Rada, Alianza, Madrid, 1987, p. 97.

¹¹¹ *Ibid.*, p. 98.

comprende que el método newtoniano no parte de la metafísica sino de la experimentación misma. —Auren medio de sus especulaciones esotéricas, el gran físico no olvidaba la férrea regla que se había impuesto: deducir de hechos observables las proposiciones de su filosofía natural”.¹¹²

Basándome en la obra *Ciencia una historia contada por sus protagonistas* de José Luis Trueba podemos resumir el método newtoniano en las siguientes cuatro reglas:¹¹³

1. No deben admitirse más causas de los fenómenos naturales que aquellas que sean verdaderas y suficientes, la naturaleza nada hace en vano.
2. Se deben asignar las mismas causas a los efectos naturales del mismo género.
3. Deben considerarse como cualidades de todos los cuerpos aquellas que no pueden aumentar ni disminuir y que afectan a todos los cuerpos sobre los cuales es posible hacer experimentos.
4. Las proposiciones obtenidas por inducción a partir de los fenómenos, pese a las hipótesis contrarias, han de ser tenidas, en filosofía experimental, por verdaderas exactas o muy aproximadamente, hasta que aparezcan otros fenómenos que las hagan más exactas o expuestas a excepciones. Debe hacerse esto para evitar que el argumento de inducción sea suprimido por las hipótesis.

De acuerdo a la primera y segunda reglas, el sentido que dará Newton a la causalidad no será de orden metafísico o apelando a causas de orden trascendente. En la tercera regla pueden apreciarse dos rasgos importantes: en primera ya no se habla de cualidades esenciales y en segunda que la extensión ya no es una cualidad esencial de los cuerpos (siendo que ésta puede aumentar o disminuir). Por último, quiero señalar la importancia que cobra la experimentación en la física newtoniana. Es posible conocer la materia y sus interacciones en la medida en que es susceptible a la experimentación.

La extensión de los cuerpos no se nos revela si no es por los sentidos, y no se siente por todos, pero como concierne a todos los sensibles, se atribuye universalmente. Experimentamos que muchos cuerpos son duros. Pero la dureza del todo se origina en la dureza de las partes, y de aquí concluimos con razón que son duras las partículas indivisas, no sólo de los cuerpos que sentimos sino también las de todos los demás. Que todos los cuerpos son impenetrables lo inferimos no de la razón sino de la sensación: los cuerpos que manejamos

¹¹² Desiderio, Papp y José, Babini, *op. cit.* p. 216.

¹¹³ Trueba, José, *op. cit.* 78-81 pp.

resultan ser impenetrables, y de aquí concluimos que la impenetrabilidad es una propiedad de todos los cuerpos.¹¹⁴

Si la herramienta más importante para el conocimiento de la naturaleza es la experimentación, entonces el objeto de conocimiento – en este caso el resultado obtenido de la experimentación– será el punto de partida de la ciencia, se convertirá en la materia prima del conocimiento. Finalmente, en la cuarta regla, se menciona que los resultados arrojados por la experiencia podrán tomarse como verdaderos hasta cierto punto. Las teorías realizadas a partir de esos fenómenos podrían considerarse ciertas hasta que alguna otra serie de experimentos nos permita precisar más los resultados o, en su caso, exponer las excepciones.

Así como en el capítulo anterior pudimos apreciar que la propuesta metódica cartesiana estaba implícita en su obra, el método newtoniano es llevado a cabo en su obra *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Dicha obra es un tratado de mecánica que busca reducir los fenómenos naturales a leyes matemáticas. Está dividida en tres libros los cuales tienen un tratamiento geométrico, es decir, partiendo de ciertas definiciones y axiomas pueden ser derivadas y demostradas algunas leyes físicas del movimiento de los cuerpos y sus relaciones, las cuales, conservarán su valor de verdad. Afirma Newton:

En el libro tercero proponemos un ejemplo de esto con la explicación del sistema del mundo. Pues allí, a partir de los fenómenos celestes, por medio de proposiciones demostradas matemáticamente en los libros anteriores, se deducen las fuerzas de la gravedad por las que los cuerpos tienden hacia el Sol y a cada uno de los planetas. Después, a partir de estas fuerzas, también por proposiciones matemáticas se deducen los movimientos de los planetas, cometas, Luna y mar.¹¹⁵

En la cita anterior, se puede apreciar el método aplicado en la física newtoniana. En primera, el científico necesita partir de los datos obtenidos por la observación de los fenómenos, después por medio de la formulación de proposiciones – que necesitarán ser demostradas matemáticamente – deducirá las leyes universales que expliquen el movimiento de los cuerpos, en este caso del movimiento de los cuerpos celestes.

Como afirma Newton, para explicar los fenómenos de la naturaleza es necesario hacer uso de conceptos. Las ciencias físicas necesitan ser tratadas conceptualmente y los conceptos usados deben ser lo más precisos posibles. Sin embargo, al provenir de observaciones, demostraciones y experimentos no pueden ser tomadas de forma analítica, es decir, los conceptos ya no pueden ser

¹¹⁴ *Ibid.*, p. 80.

¹¹⁵ Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, p. 98.

deducidos de la razón. Así, son las definiciones de los conceptos físicos las que dependen de la observación de las interacciones de la materia, las proposiciones obtenidas y los resultados de los experimentos y no éstos los que deben de ajustarse a ellas.

Newton pasó de una filosofía natural a lo que nosotros conocemos como física clásica, pero se trató de un proceso complejo que necesitó mucho tiempo para consolidarse. Si queremos conocer cómo se da un proceso científico se haría una injusticia si sólo consideráramos los resultados obtenidos y que fueron benéficos para la construcción de la ciencia. Hacer caso omiso de los primeros escritos, de las bases bajo las cuales se constituyó la física, implica no ser consciente del desarrollo y los elementos que fueron vitales para el proceso. Por tal motivo, las dos principales obras que abordaré en este estudio pertenecerán a los escritos de juventud y madurez del físico inglés: *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos* y *Principios matemáticos de la filosofía natural*.

La primera obra (publicada en 1662)¹¹⁶ forma parte de los escritos tempranos de la filosofía natural newtoniana. Como ya había mencionado antes, los intereses del autor (que tal pareciera que muchos investigadores de su obra quisieron ocultar) se enfocaban principalmente en la teología y alquimia. Sin embargo, el ingenio que pronto fue descubierto y alentado por sus colegas, lo condujo a enfocarse en temas relacionados con la filosofía natural y las matemáticas. La segunda obra (publicada en 1687) ya deja ver la culminación de un sistema físico que ha alcanzado su madurez. Cabe destacar que ambas obras cuentan con una serie de conceptos que se encuentran al principio de cada título.

Con la intención de destacar la relación entre la filosofía natural cartesiana y newtoniana me parece pertinente señalar que, mientras la primera obra dedica mayor parte al sistema físico cartesiano, la segunda hace que el sistema físico cartesiano sea sustituido por la nueva y recién instaurada física clásica. Para evitar cualquier confusión, en un primer momento desarrollaré los conceptos que podemos encontrar en su obra: *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*; y a su debido tiempo, expondré los conceptos reelaborados por el físico inglés que toman presencia en su tratado de los *Principios*. Las primeras definiciones que expone Newton son cuatro:

Def. 1. Lugar es una parte del espacio que algo llena uniformemente.

Def. 2. Cuerpo es lo que llena el espacio.

Def. 3. Reposo es permanecer en el mismo lugar.

¹¹⁶ Los historiadores de la ciencia Marie Boas Hall and Rupert Hall fueron los encargados de la transcripción y publicación de dicho manuscrito. Cfr. Janiak, Andrew, *op. cit.* p. 7.

Def. 4. Movimiento es cambio de lugar.¹¹⁷

Sorpresivamente, la primera diferencia que salta a la vista con la filosofía natural del filósofo francés es la diferencia que establece entre el espacio y el cuerpo. El primer principio de la filosofía natural cartesiana (del cual, a mi parecer toda su física se desprende) es la identidad cuerpo-extensión. Empero, las definiciones newtonianas rompen con esta identidad tanto a nivel ontológico como epistémico. En un principio, Newton se sentía muy atraído por la filosofía natural cartesiana, pero estas primeras definiciones implican que algo llevó al físico inglés a deslindarse de las teorías físicas cartesianas. ¿Por qué las nociones cartesianas no satisfacen al proyecto newtoniano? ¿Cómo argumenta la diferencia que existe entre el cuerpo y el espacio? ¿Qué son y qué implicaciones tiene el dar este salto? En el siguiente apartado expondré la crítica que hace Newton a la filosofía natural cartesiana, los principales problemas que encuentra en ella así como la respuesta que ofrece.

¹¹⁷ Newton, “Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos”, en *De Newton y los newtonianos entre Descartes y Berkeley*, trad. Laura Benítez y José A. Robles García, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, 2006, p. 30.

2. Filosofía natural newtoniana

2.1. Primer momento: *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*

Sin duda, la obra *Principios de la filosofía natural* es considerada una de las más representativas en la historia de la física. Sin embargo, lo que deseo apuntar en este trabajo es que el genio del físico inglés fue una condición necesaria mas no suficiente para la construcción de la filosofía natural newtoniana (o clásica como la conocemos actualmente). Para que la física clásica fuera posible no sólo se necesitó de una inteligencia aguda, como lo he presentado hasta ahora, algunos factores políticos y sociales prepararon las condiciones para su desarrollo, pero no menos importante fue el papel que jugó el contexto teórico en la misma.

Como bien señala Bernal, para que dicho tratado fuera posible se realizaron dos tareas: la primera consistió en demoler las concepciones anteriores tanto antiguas como modernas – presentadas en su obra *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos* – y la segunda en ofrecer una forma de explicar los fenómenos – presentada en su obra *Los Principios matemáticos de la filosofía natural* –¹¹⁸. No hay que perder de vista que el primer tratado se ve envuelto en el marco de la filosofía natural. Por tal motivo, consideraré su primera obra como una obra de filosofía natural. Una vez finalizado el desarrollo de su pensamiento y visto reflejando en la obra de los *Principios* consideraré a este momento como un esbozo de lo que conocemos como física clásica el cual, debido a sus bases, no por ello deja de tener ciertas características propias de los estudios de filosofía natural.

Así, a partir de ahora retomaré los conceptos importantes asociados a la filosofía natural de Newton en cada uno de los momentos antes descritos con el fin de señalar los aspectos más relevantes en el desarrollo y apuntar cuáles fueron los detonantes involucrados en este cambio, cómo se originaron y en qué consistieron.

La crítica hecha por Newton al sistema de filosofía natural cartesiana incentivó el cambio de la filosofía natural a la física clásica; pero no hay que perder de vista que la crítica se insertó en el sistema cartesiano. Una vez dicho esto, me inclino a pensar que la física acabada newtoniana contó con una fuerte influencia cartesiana bajo la cual no todo se convirtió en objeto de crítica, es decir, Newton tomó elementos o conceptos de Descartes para la construcción de la física clásica. Hay que tener presente que la filosofía natural cartesiana se había extendido considerablemente en aquella época y Newton, con gran interés, se acercó a las ideas de filósofo francés.¹¹⁹ Empero, no

¹¹⁸ Cfr. Bernal, John, *op. cit.* p. 463.

¹¹⁹ La introducción de la filosofía natural cartesiana a las escuelas de Inglaterra se debió en gran medida a la aportación de Jacques Rohault. Como afirman Benítez y Robles, Rohault fue un físico influyente de la escuela cartesiana. Realizó la primera edición en francés del *Traité* (1671) el cual fue esperado en Francia e

demoró en notar algunas inconsistencias de la misma. Ya que —se trataba de una genial idea intuitiva, pero totalmente incapaz de dar — como lo demostró Newton — resultados cuantitativos precisos”.¹²⁰

2.1.1. La visión de la naturaleza en Newton

Siguiendo los pasos señalados por Bernal, el primero lo constituye la demolición de las teorías. Así, la obra de Newton *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos* más que un tratado o estudio sobre la naturaleza es un escrito de crítica a la filosofía natural cartesiana, lo cual deja ver la influencia del filósofo francés en la construcción de lo que conocemos como física clásica. Señala Janiak: —Hay una evidencia substancial de que Newton tomó seriamente las ideas de Descartes, invirtió una considerable energía pensando en ellas hasta que, eventualmente, llegó a criticarlas”.¹²¹ La explicación de los propósitos de ese tratado revela aspectos interesantes de la filosofía natural de Newton:

Es adecuado tratar la ciencia de la gravedad y del equilibrio de los cuerpos fluidos y sólidos mediante dos métodos. En tanto que tal ciencia pertenece a las ciencias matemáticas es razonable que, en gran medida, yo haga abstracción de consideraciones físicas y, por esta razón, he intentado demostrar sus proposiciones individuales, estricta y geoméricamente, a partir de principios abstractos, bastante bien conocidos por quien esto estudia. Puesto que puede juzgarse que esta doctrina es bastante afín a la filosofía natural, en tanto puede aplicarse para aclarar muchos de los fenómenos que le son propios.¹²²

Desde el comienzo de su texto, Newton nos hace explícitas dos cosas: en primera, que es un estudio concerniente a la filosofía natural y en segunda, que el estudio de la naturaleza invariablemente debe de tratarse matemáticamente. La primera, refuerza mi afirmación de que la física clásica tuvo como punto de origen la filosofía natural. La segunda, nos muestra que Newton concuerda con Descartes que las matemáticas son una ciencia indispensable para tratar el estudio de la naturaleza, lo cual devela que Newton comparte íntimamente con Descartes la visión de un mundo-máquina.

No puedo señalar que Newton sostiene en su totalidad un mecanicismo cinemático ya que, en relación a las características del mecanicismo presentadas por Rioja y Ordóñez, Newton afirma que para que un cuerpo pueda moverse no es necesario que esté en contacto directo con otro y que

introducido en Suiza e Inglaterra. En esta última, traducida al latín por Théophile Bonet. *Cfr.* Benítez, Laura y Robles, José, *El espacio y el infinito en la modernidad*, cap. 8.

¹²⁰ Bernal, John, *op. cit.* p. 463.

¹²¹ There is substantial evidence that Newton took Descartes's ideas very seriously, and expended considerable energy thinking them through and eventually coming to criticize them. Janiak, Andrew, *op. cit.* p. 7.

¹²² Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 29.

sí intervienen agentes causales incorpóreos (como es el caso de la acción de las fuerzas gravitacionales). Sin embargo, estaría de acuerdo que un cuerpo no podría iniciar a moverse espontáneamente (sin la intervención ni de otros cuerpos o fuerzas) pero hay que tener presente que Newton posteriormente señalará que todos los cuerpos están influenciados por fuerzas o principios activos asociados a ellos.

Si bien Newton no sostiene un mecanicismo cinemático, lo que sí puedo apuntar es que la visión del mundo o naturaleza newtoniana parece responder al ideal de un mundo-máquina – susceptible de ser descrito en términos matemáticos – y esto se relaciona considerablemente con la concepción de materia ofrecida que estamos a punto de examinar.

2.1.2. La materia

Recordemos que la definición que da Newton del cuerpo es aquello que llena el espacio. Claramente, Newton considera que entre el cuerpo y el espacio no hay identidad alguna. Sin embargo, al igual que Descartes, Newton deja ver que el concepto de cuerpo utilizado en esta obra tendría un vínculo más estrecho con propiedades geométricas que con sus cualidades sensibles:

Puesto que aquí se propone investigar el cuerpo, no en tanto que es una sustancia física, dotada de cualidades sensibles, sino sólo en tanto que es extensa, móvil e impenetrable, no la he definido de manera filosófica, sino que, abstrayendo las cualidades sensibles (que los Filósofos también han de abstraer, a menos que yo esté equivocado, y asignarlas a la mente como diversas maneras del pensamiento, despertadas por el movimiento de las cosas), he postulado sólo las propiedades que se requieren para el movimiento local, de tal manera que, en lugar de cuerpos físicos, se pueden entender figuras abstractas de la misma manera como las consideran los géómetras cuando les asignan movimiento.¹²³

La cita anterior revela dos cuestiones altamente significativas de la filosofía natural newtoniana: la inclusión del concepto de materia en la filosofía natural y el necesario tratamiento matemático que exige el estudio de la materia. Ambos casos se encuentran estrechamente vinculados y serán analizados haciendo siempre una relación con la posición cartesiana.

Resulta claro que el primer punto es concerniente al campo de la epistemología. Anteriormente, había señalado que el término de ciencia no era comprendido de la misma manera que en la actualidad. Apunté que la ciencia significa conocer, por tal motivo, la filosofía natural newtoniana lleva implícita una postura epistemológica. La pregunta que en este momento me interesa responder es: ¿Qué noción de materia debe tratar la ciencia para que pueda ser susceptible

¹²³ *Ibid.*, 30-31 pp.

de conocimiento? Curiosamente, ambos autores concuerdan en que la materia debe ser tratada matemáticamente para ser estudiada.

En el apartado 1.4 señalaré con mayor profundidad qué entiende Newton por materia y la relación ontológica que parece sostener. Por ahora, me parece suficiente sólo señalar que hasta aquí, tanto Descartes como Newton, asumen que la forma de conocer la materia requiere del tratamiento matemático-geométrico de la misma. Hay que ser cuidadosos al distinguir entre lo que los autores piensan que es la materia y cómo consideran conveniente que el concepto de materia sea tratado en la filosofía natural coincidiendo en el segundo punto y difiriendo en el primero.

Esto nos conduce a la segunda cuestión: la filosofía natural – de acuerdo a los dos autores – precisa de un concepto geométrico para ser estudiado con mayor facilidad sin embargo, no reducen los cuerpos materiales a cualidades meramente geométricas es decir, no existe un reduccionismo geométrico de la materia. La gran diferencia estriba en que Descartes sostiene su estudio físico en principios metafísicos y Newton intenta establecer su filosofía natural en principios matemáticos.

La razón de dicha concepción geométrica de los cuerpos es meramente práctica. Ambos autores consideraron conveniente abrazar una noción geométrica de la materia. Newton, como lo vimos en la cita, sugiere entender a los cuerpos físicos como figuras abstractas para que la explicación del movimiento (local) sea más accesible. De la misma manera, según vimos, Descartes afirma que el movimiento más fácil de concebir es el que muestran las líneas de los geómetras pero lo que es importante destacar aquí es que con ello no sugiere que los cuerpos sean considerados entidades ideales, al respecto apunta Benítez:

Como se observa, el manejo sigue siendo puramente geométrico y los cuerpos son considerados, hasta aquí, igual que los espacios, como entidades meramente abstractas. Pero, inmediatamente un párrafo después, [de su obra *El Mundo o tratado de la luz*] Descartes ya no habla del espacio geométrico en el que proyectamos líneas y construimos cuerpos abstractos, sino que nos habla del lugar y la materia. Está, pues, cambiando del marco geométrico matemático al marco físico.¹²⁴

Hasta este momento sólo puedo indicar que Descartes no consideró a los cuerpos como entidades ideales (en el sentido que sean geométricos o irreales). Posteriormente, aclararé que Newton tampoco establece que los cuerpos tienen un estatuto, si se me permite el término, virtual. Finalmente, los dos filósofos de la naturaleza muestran un interés por comprender el movimiento físico de los cuerpos por lo cual sería un tanto incongruente separarlos en su totalidad del mismo

¹²⁴ Benítez, Laura, “Newton versus Descartes: el problema del movimiento y el espacio o ¿por qué nada puede estar tan lleno como puede estarlo?” en *De Newton y los newtonianos*, p. 181.

estudio, he ahí también la razón del por qué hablar de la materia y el por qué es necesario una caracterización de la misma.

A continuación, señalaré que la crítica de Newton a Descartes precisa de un paso previo. En efecto, lo que Newton nota al principio es que la teoría cartesiana muestra inconsistencias al momento de explicar el movimiento de los cuerpos (específicamente al momento de explicar el movimiento celeste) y considera que la fuente de dichas inconsistencias radica en la identidad que el filósofo francés se ve orillado a asumir: la identidad materia-extensión. Las críticas serán enumeradas en el siguiente apartado.

2.1.3. Crítica al movimiento de los cuerpos

Al principio de la obra *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, Newton señala que él entiende el movimiento como un cambio de lugar y no como Descartes lo entendía: como el traslado de una parte de la materia respecto a los cuerpos circundantes. Para argumentar por qué es importante diferenciar entre el cuerpo y el espacio Newton comienza sintetizando en tres puntos la doctrina física cartesiana:¹²⁵

1. Sólo hay un movimiento particular que conviene a cada cuerpo que no es más que la traslación de una parte de la materia a la vecindad de otros.
2. No sólo se mueve un cuerpo sino también concierne a todo lo que se transfiere (como las partes que lo componen) lo cual a su vez consta de diferentes movimientos relativos.
3. Además del movimiento particular (1) también pueden surgir en el cuerpo innumerables movimientos por participación.

Para hacer más explícito el tercer punto basta con recordar la división (conceptual) cartesiana del movimiento. En efecto, Descartes afirma que el movimiento puede ser visto a través de una acepción filosófica (acepción verdadera o propia) o no filosófica (acepción corriente o vulgar). Rioja y Ordóñez señalan que —Descartes había distinguido entre el movimiento propiamente dicho definido filosóficamente y el movimiento en el sentido en el que lo emplea el vulgo. Lo que diferencia uno del otro es la determinación del sistema de referencia”.¹²⁶ El movimiento en sentido filosófico es real mientras que los otros movimientos (no filosóficos) son aparentes.

Esta plena confusión esbozada por Descartes resulta ser – a consideración de Newton – uno de los puntos más criticables en la filosofía natural cartesiana. Con el fin de no fundamentar su

¹²⁵ Cfr. Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, 32-33 pp.

¹²⁶ Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 232.

física en datos sensibles, Descartes precisa que el movimiento de sentido común (o no filosófico) tiene poca importancia ya que el único movimiento aceptable es el movimiento filosófico, el cual ha sido derivado de su propio estudio físico-teórico. A continuación, he dividido la crítica newtoniana en dos vertientes: la primera concierne a la crítica de la cosmología cartesiana es decir, a su teoría de los vórtices, la segunda es una crítica a la imposibilidad del movimiento en la filosofía natural cartesiana.

A) Crítica a la teoría de los vórtices cartesiana.

Las contradicciones son las siguientes:

1. El uso arbitrario de las acepciones de movimiento.

Newton señala que Descartes algunas veces parece apuntar que la tendencia de los planetas a alejarse del Sol se deriva del movimiento filosófico y otras veces del movimiento no filosófico generando arbitrariedades y contradicciones en el sistema mismo. He señalado ya que Descartes tiene una marcada preferencia hacia el movimiento en su acepción propia o filosófica ante el movimiento en sentido vulgar. Por esta razón, resulta reprochable (según Newton) que Descartes explique que la tendencia de los cometas por alejarse de su centro es de acuerdo al movimiento vulgar, el cual había rechazado con anterioridad.

Finalmente, en ningún momento se pone en duda que, a diferencia de los planetas, los cometas viajan en línea recta y además (como señala Descartes) tienen una tendencia a alejarse del Sol cuando entran al vórtice. Si fuéramos fieles a la acepción filosófica, al igual que los planetas, los cometas deberían estar en reposo y ser arrastrados por el vórtice, lo cual se observa que no ocurre así. Por tanto, es innegable que el movimiento del cometa resulta ser el fenómeno problemático que la propia teoría cartesiana no puede explicar de manera satisfactoria.

2. Inconsistencia en la acepción filosófica.

Descartes previamente había señalado que la Tierra en su acepción filosófica no se mueve sino que es arrastrada por la materia sutil que la circunda. Para ello, Newton se vale de la siguiente hipótesis:

Imaginemos que alguien ve la materia del vórtice como si estuviera en reposo y que, al mismo tiempo, la Tierra, hablando filosóficamente, está en reposo; imaginemos, también que, simultáneamente, alguien más ve la misma materia del vórtice como

moviéndose en un círculo y que la Tierra, filosóficamente hablando, no está en reposo.¹²⁷

Así el sujeto 1 (que ve tanto a la materia del vórtice como a la Tierra en reposo) como el sujeto 2 (que ve tanto la materia del vórtice como la Tierra en movimiento) deberían coincidir en que la relación que guardan la Tierra y su vórtice es la misma (como el del barco y sus costas). En ese caso no es claro cuál es el movimiento verdadero, qué es lo que realmente se mueve y qué es lo que está en reposo.¹²⁸

Otro argumento similar enunciado por Newton hace referencia a las posiciones relativas. Según Newton, si Dios hiciera un planeta que fuera inmóvil y a su vez mantuviera la misma relación respecto al vórtice circundante entonces, Descartes tendría que admitir que el planeta se mueve ya que la materia del vórtice se traslada. Por otra parte, si se conservan las mismas posiciones relativas entonces el planeta, al no cambiar de posición, no diríamos que se mueve. En ese caso, el planeta se movería y no a la vez lo cual deja ver una contradicción en la filosofía natural cartesiana.

3. Las partículas internas en sentido estricto no se moverían como afirma Descartes.

Cada cuerpo tiene múltiples movimientos, sostiene Descartes. Tomemos en consideración las partes que componen dichos cuerpos. De acuerdo con la definición cartesiana de movimiento, un cuerpo sólo se mueve si hay un traslado respecto a la vecindad los cuerpos circundantes. En efecto, si consideramos las partes del cuerpos ubicadas en la superficie externa del cuerpo, basándonos en la definición concordaríamos en que estas sí se mueven. Por el contrario, si consideramos las partes internas del cuerpo, estrictamente no se moverían puesto que no cumplen con la definición de movimiento ya que sólo se moverían por participar en el movimiento de las partículas dando como resultado que sólo las partículas de la superficie se moverían y las internas no lo harían.

¹²⁷ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 34.

¹²⁸ Elia Nathan Bravo en *Notas sobre el Concepto de Espacio Absoluto: Newton y Einstein* destaca que una teoría cinemática como la cartesiana no podría sostener que hay un movimiento real. Apunta que: —el movimiento relativo (a un marco de referencia *material*) de un cuerpo no se puede considerar como un movimiento *real* porque los mismos efectos se presentarían si consideramos que es el marco de referencia material el que se mueve relativamente al cuerpo en cuestión. Por ejemplo, desde un punto de vista cinemático, no podemos decir que la tierra se mueve *realmente* porque los mismos efectos (como la sucesión del día y de la noche) se producirían si supiésemos que son los cielos los que se mueven y la tierra está estacionaria”. Nathan, Elia, —*Notas sobre el concepto de espacio absoluto: Newton y Einstein*” en *Tercer simposio internacional de Filosofía*, vol. 1, Enrique Villanueva comp. UNAM, México, 1989, p. 146.

4. La Tierra podría estar en movimiento causando una contradicción en la filosofía cartesiana.

Nuevamente, el problema radica en que Descartes asume que un cuerpo está en movimiento (filosófico) cuando se mira a otro en reposo. Así, la Tierra está en reposo porque el éter es el que circunda a su alrededor. La hipótesis que señala Newton es la siguiente:

Si súbitamente Dios hace que cese el giro de nuestro vórtice, sin aplicarle a la Tierra ninguna fuerza que pudiera pararla al mismo tiempo, Descartes diría que la Tierra se está moviendo en un sentido filosófico (debido a su traslación de la vecindad del fluido contiguo), mientras que antes dijo que estaba en reposo, en el mismo sentido filosófico.¹²⁹

Es sumamente interesante notar que mientras en un principio las críticas señaladas por Newton se inscribían en el marco de la filosofía natural cartesiana ahora comienza a criticar la doctrina de Descartes a través de su propia perspectiva. Newton, en esta hipótesis, introduce uno de los elementos claves, por no decir el más importante de su física, el concepto de fuerza. Mi intención en este trabajo no es señalar si dichas críticas son adecuadas o inadecuadas, verdaderas o falsas, ya que esto queda fuera de mi alcance. Empero, me parece importante señalar que el físico inglés comienza a realizar su crítica no ya dentro de la filosofía natural cartesiana misma, sino que empieza a ver las inconsistencias retomando sus propias teorías, lo cual a mi parecer vale la pena considerar.

5. La imposibilidad de Dios para generar movimiento.

Como continuación de la crítica anterior, Newton nuevamente encuentra una falla en la filosofía cartesiana apelando a su noción de fuerza la cual, evidentemente no forma parte de cuerpo teórico cartesiano – al ser incompatible con la mecánica cinemática –. La siguiente objeción señala que si Dios imprimiera más fuerza sobre los vórtices esto produciría el movimiento de la Tierra cosa que Descartes negaría, Newton nos dice:

Si Dios imprimiese, al cielo estrellado junto con todas las partes más remotas de la creación, una fuerza muy grande, de tal manera de hacer que girase alrededor de la Tierra (digamos que con un movimiento diurno), de esto, conforme a Descartes, se diría, con verdad, que sólo se mueve la Tierra y no el cielo [...] Pero ¿quién imaginará que las partes de la Tierra intentan alejarse de su centro debido a una fuerza impresa sólo en los cielos? O, no es más aceptable para la

¹²⁹ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 36.

razón que, cuando una fuerza se imparte a los cielos haga que éstos intenten alejarse del centro de revolución así causada y, por esta razón, son los únicos cuerpos propia y absolutamente movidos y que, cuando una fuerza se imparte sobre la Tierra, esto hace que sus partes intenten alejarse del centro de la revolución así causada y, por esta razón, ella es el único cuerpo propia y absolutamente movido, aun cuando, en ambos casos, haya el mismo movimiento relativo de los cuerpos.¹³⁰

En primera instancia, Newton afirma que resulta inverosímil que la Tierra se aleje del centro con la simple aplicación de una fuerza en los vórtices. De acuerdo con Newton, si Dios fuera capaz de dotar a los vórtices de una gran fuerza esto no implicaría que la Tierra se moviera ya que, en sus palabras, sólo los cielos serían propiamente movidos. De igual forma, si la aplicación de la fuerza se hiciera a la Tierra sólo sus partes serían movidas.

Ahora bien, la definición del movimiento ofrecida por Descartes deja mucho que desear a consideración de Newton. Para entender mejor el argumento basta con recordar que Descartes sostiene que la Tierra se encuentra en reposo respecto al éter que la circunda (se encuentra en reposo ciertamente porque se mira a través del éter en movimiento). Sin embargo, Newton acaba de señalar que es imposible sostener esto ya que si Dios aplicara una fuerza a la Tierra o bien ésta se movería (lo cual contradeciría la posición cartesiana) o bien esta no lo haría (lo cual implicaría una impotencia o —defecto” de Dios al carecer de la capacidad de generar movimiento, lo cual nuevamente contradeciría a la doctrina del filósofo francés).

Justamente, esta crítica expuesta por Newton lo hace considerar el bajo poder explicativo que tenía el asumir al movimiento como una traslación de los cuerpos. Por ello, no es de extrañarse que la conclusión a este argumento refiera a una propuesta alternativa que sea capaz de explicar de manera congruente el movimiento de los cuerpos. —Ypor eso, el movimiento físico y absoluto ha de definirse por consideraciones distintas a la traslación, al designarse, dicha traslación, como meramente externa”.¹³¹

B) Crítica a la noción cartesiana de movimiento.

Todo conduciría a que Newton sólo ha hecho una crítica a la cosmología cartesiana. Hasta este momento, hemos visto que, en su mayoría, los problemas de la filosofía natural cartesiana son concernientes a su cosmología, a la teoría de los vórtices. No menos cierto es que esto sólo constituye la preparación para una crítica que, desde mi punto de vista, es la más significativa de dicho tratado. Ciertamente, se trata de una serie de reflexiones del filósofo inglés que, finalmente

¹³⁰ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, 36-37 pp.

¹³¹ *Ibid.*, p. 37.

desembocarán en la conclusión: (1) *la filosofía natural cartesiana es incapaz de dar cuenta del movimiento* para lo cual, Newton apuntará su propia propuesta: *el espacio tiene que ser independiente de los cuerpos*, de otro modo, no podríamos comprender el movimiento ni de los cuerpos terrestres ni celestes.

Esta tesis (1) se conforma por los siguientes puntos:

- i. Es imposible localizar la posición de un cuerpo antes de que comience a moverse.
- ii. Es imposible localizar la posición de un cuerpo cuando termina su movimiento (por i.).
- iii. Es imposible determinar la trayectoria del movimiento (por i. y ii.).
- iv. Es imposible, en general, determinar el movimiento del cuerpo (por i., ii. y iii.).

Para defender i. Newton señala:

Cuando cierto movimiento ha concluido, es imposible, conforme a Descartes, asignar un lugar en el cual el cuerpo estaba al principio del movimiento; no es posible decir de dónde se ha movido el cuerpo y la razón es que, conforme a Descartes, el lugar no puede definirse o asignarse, excepto por la posición de los cuerpos circundantes y, tras la conclusión de cierto movimiento, la posición de los cuerpos circundantes ya no es la misma que era antes.¹³²

Si Descartes hace depender el movimiento del cuerpo a la relación que guarda con los cuerpos circundantes sería imposible señalar la posición de un cuerpo incluso antes que comience a moverse. Los puntos ii. iii. y iv, se derivan de i. de tal manera que, en el momento que Newton pruebe que la posición de un cuerpo no puede ser determinada entonces los siguientes puntos se cumplirán. ¿Qué razón da Newton para afirmar la imposibilidad de localización de un cuerpo? la falta de puntos de referencia inmóviles.

En efecto, Newton señala cabalmente que si siguiéramos la filosofía natural propuesta por Descartes sería imposible definir la posición de un cuerpo de manera precisa. En el mejor de los casos la teoría cartesiana podría dar una explicación de la posición de los cuerpos pero ésta no sería completamente exacta. Lo que Newton busca es una ciencia que sea capaz de dar resultados exactos y que dichos resultados sean susceptibles de medición, comparación, etc.

Para mostrar lo absurdo que sería ubicar un cuerpo Newton desarrolla el siguiente ejemplo: —Se busca el lugar de hace un año del planeta Júpiter, ¿por qué razón, pregunto, puede definirla el

¹³² *Ibid.*, p. 38.

filósofo cartesiano?”¹³³ Ante esta pregunta reconoce que, de acuerdo al sistema cartesiano, sólo se puede tener como sistema de referencia la relación que tiene con otros cuerpos (ya que el mundo es un compendio pleno de materia que se extiende indefinidamente). En ese caso, el movimiento del planeta Júpiter sólo puede ser localizando haciendo referencia o bien, a la materia de los vórtices o bien a las estrellas fijas. Según Newton, Descartes no podría definir la posición del planeta de Júpiter ya que no sería posible hacerlo ni refiriendo a la materia de los vórtices (que siempre están en continuo movimiento) ni a las posiciones del Sol y las estrellas fijas (ya que también cambian de posición).

Finalmente, cualquier marco de referencia que se quiera tomar será necesariamente material y Newton señala cabalmente que la referencia no puede ser interna, es decir no puede ser en relación a los propios cuerpos. El error cartesiano consistió en querer poner a los cuerpos como referencia para la localización de otros cuerpos. La pregunta es: ¿por qué no es posible tomar a los propios cuerpos como referencia? Porque no existe algún cuerpo que no cambie su posición.

En verdad, no hay cuerpos en el mundo cuyas posiciones relativas permanezcan sin cambio con el paso del tiempo y, ciertamente, ninguno que no se mueva en el sentido cartesiano, esto es, que no sean ni transportados de la vecindad de los cuerpos contiguos ni que sean partes de otros cuerpos así transferidos. Y, por tanto, no hay ninguna base por la que podamos, al presente, escoger un lugar que fue en el pasado o decir que tal lugar que fue en el pasado o decir que tal lugar ya no es descubrible en la naturaleza, pues, ya que conforme a Descartes el lugar no es sino la superficie de los cuerpos circundantes o la posición entre algunos otros cuerpos más distantes es imposible (de acuerdo con su doctrina) que aún exista en la naturaleza así como que el que esos cuerpos mantengan las mismas posiciones de las que él toma la designación individual.¹³⁴

Así, en un mundo pleno de materia en constante movimiento es imposible asumir que algún cuerpo se mantenga todo el tiempo en reposo. Nunca podríamos encontrar en la naturaleza un cuerpo que mantenga siempre la misma relación con otros cuerpos. Otro punto importante, explicado por Newton en la cita anterior, refiere a la imposibilidad no sólo de ubicar con precisión un cuerpo sino que una vez efectuado el movimiento no podríamos señalar su punto de origen. Tal parece que la filosofía natural cartesiana nos posiciona en un proceso de selección: o bien consideramos únicamente el cuerpo antes de moverse o bien lo consideramos una vez que haya realizado el movimiento, lo interesante es que ambas son indisolubles. En el afortunado caso que se pueda definir la posición de un cuerpo nos veremos forzados sólo a descubrir una posición, ya sea la que tenía antes de comenzar el movimiento o la que tiene una vez finalizado el mismo. Rioja y Ordóñez

¹³³ *Ibid.*, 38-39 pp.

¹³⁴ *Ibid.*, p. 39.

apuntan que esta elección queda en manos del observador y no forma, en ninguna medida, una propiedad de los cuerpos. Además, señala que el posicionar el estudio científico a esta condición no es en ninguna medida aceptable:

Sin embargo, esto no resulta enteramente satisfactorio. En efecto, interesa poder definir aquel estado de movimiento que es propio del cuerpo en un momento dado prescindiendo del factor de convencionalidad y arbitrariedad que introduce el observador. *Propiamente*, un cuerpo se halla en un *único* estado, no en una infinidad de ellos a la vez. ¿Cómo lograr la especificación de dicho estado verdadero o real? Identificando un sistema de referencia o un lugar que sea objetivo. Puesto que Descartes rechaza la existencia del espacio vacío, no será éste el que pueda cumplir ese papel. El lugar de un cuerpo tiene que ser otros cuerpos ¿Cuáles? [...] Este filósofo elige los cuerpos inmediatamente próximos al móvil en cuestión, o sea, sus vecinos limítrofes. Así, *en sentido filosófico*, el movimiento será el cambio de posición en relación a los cuerpos contiguos.¹³⁵

Rioja y Ordóñez señalan lo difícil que sería sostener una teoría física que dependa de la convencionalidad. Además, ha introducido la solución newtoniana (de la cual hablaré más adelante): la postulación de un sistema de referencia único que no dependa de la arbitrariedad del observador. En este momento me basta sólo señalar que con esta afirmación Newton intenta demostrar que tanto i. como ii. se cumplen.

No menos relevantes son los puntos iii. y iv. Incluso, a mi parecer son considerados los más importantes por lo que refiere a este estudio crítico newtoniano. El punto iii. refiere a la indeterminación de la trayectoria del movimiento de un cuerpo. Es un tanto intuitiva la idea de que si no se pueden localizar los puntos que refieren al inicio del movimiento de un cuerpo y al final entonces no hay forma de determinar la trayectoria completa. Incluso en el campo de la geometría no podemos determinar la trayectoria entre los puntos A y B si no conocemos la ubicación de esos puntos en un plano. Para poder hablar de una ciencia que estudie el movimiento es necesario que dicha ciencia dé cuenta por lo menos, de las distancias recorridas por los cuerpos. Huggett incluso menciona esta necesidad es completamente intuitiva:

La mecánica es una teoría del movimiento, e intuitivamente el movimiento es el cambio de posición, así que el espacio – la colección de todas las posibles posiciones – es un elemento integral de la mecánica. No es de sorprenderse entonces que, Newton, como Aristóteles, haya escrito acerca de la naturaleza del espacio y su papel dentro de su teoría.¹³⁶

¹³⁵ Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* 232-233 pp.

¹³⁶ Mechanics is a theory of motion, and intuitively motion is change of position, so space – the collection of all possible positions – is an integral element of mechanics. Not surprisingly then, Newton, like Aristotle,

Pero el problema no sólo recae en la imposibilidad de definir una trayectoria, de lo que ello se deriva también es que es imposible determinar la velocidad de un cuerpo. En efecto, si no se establece una trayectoria en la cual el móvil hace su recorrido es difícil imaginar que podamos obtener la velocidad en la que se llevó a cabo el movimiento.

Ahora bien, como es imposible señalar el lugar en el que comenzó un movimiento (esto es, el principio del espacio recorrido), pues este lugar ya no existe una vez concluido el movimiento, así que el espacio recorrido, al no tener principio, no puede tener longitud, y, por tanto, puesto que la velocidad depende de la distancia recorrida en un tiempo dado, se sigue que el cuerpo moviente no puede tener velocidad.¹³⁷

De la misma manera que la crítica de los vórtices, en esta crítica Newton comienza a desacreditar la filosofía cartesiana a través de sus propias teorías. En el capítulo anterior, apunté que algunos de los problemas que enfrentaba la filosofía cartesiana procedían de la falta de precisión que mostraban sus conceptos físicos. Recordemos que Descartes no hace un uso explícito del término de velocidad sino que nos habla de rapidez. En esta crítica es notorio que Newton comienza a introducir los nuevos elementos de lo que constituiría el marco teórico de la física clásica. Así, Newton comprueba lo que quería concluir: iv.

Para que el absurdo de esta posición [la filosofía natural cartesiana] se muestre plenamente, digo que de ella se sigue que un cuerpo moviente no tiene ninguna velocidad determinada y ninguna línea definida en la cual se mueva. Y, lo que es peor, que no puede decirse que sea uniforme la velocidad de un cuerpo que se mueva sin resistencia ni puede decirse que sea recta la línea en que realiza su movimiento. Por el contrario, no puede haber movimiento, puesto que no hay ningún movimiento sin velocidad y determinación algunas.¹³⁸

Basándose en parte en su propio estudio, Newton demuestra que explicar el movimiento no puede ser posible en la filosofía natural cartesiana. Por lo tanto, Newton en ninguna medida aceptaría que el sistema de referencia para ubicar a los cuerpos sean los cuerpos mismos. Así, para él, los cuerpos limítrofes no son aptos para ser un sistema de referencia de movimientos absolutos:

Para que sirvieran de sistema de referencia, dichos cuerpos limítrofes habrían de ser *inmóviles*, cosa que el propio Descartes reconoce que no ocurre. Somos nosotros los que los consideramos así a fin de que puedan desempeñar su papel

wrote about the nature of space and its role within his theory. Hugget, Nick, *Space from Zeno to Einstein*, p. 126.

¹³⁷ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 40.

¹³⁸ *Ibid.*, p. 38.

referencial. Pero sólo un sistema en absoluto reposo (como era la Tierra en el mundo geocéntrico antiguo) permite caracterizar unívocamente el estado de un móvil, pues, si el sistema a su vez se mueve, lo hará respecto a otro, y este segundo respecto de un tercero, y así sucesivamente.¹³⁹

Me parece pertinente recordar dos aspectos importantes: el primero, que el análisis que he hecho hasta ahora corresponde a la etapa embrionaria (aunque no por eso menos significativa) de la filosofía natural newtoniana. Incluso, en esta obra, Newton esboza las ideas de movimientos absolutos. Sin embargo, la diferencia entre movimientos absolutos y relativos y espacio absoluto y relativo es abordada a mayor profundidad en su obra: *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Por tal motivo, lo relacionado a esta diferencia se desarrollará en el segundo apartado. El segundo, como ya había señalado, tanto Newton como Descartes coincidían en asumir que la filosofía natural merecía un tratamiento geométrico matemático. Empero, ninguno de los dos considera que los cuerpos sean entidades meramente geométricas. Esta coincidencia se deriva de una intención práctica. Lo mismo sucede con la respuesta newtoniana. La postulación de un espacio independiente de los cuerpos surge porque el suponerlo facilita de manera extraordinaria la definición de la posición de los cuerpos. Benítez señala que Newton no está comprometiendo su estudio en una metafísica:

Es pertinente señalar que Newton se vio obligado a *postular* el espacio absoluto, para dar cuenta, según él mismo nos lo hace claro, del movimiento de los cuerpos, algo que *no* se podía hacer dentro del esquema cartesiano; de esto, podemos concluir, Newton *no* le está dando a su postulación un carácter ontológico, sino meramente *pragmático*, algo que tenemos que suponer para llevar a cabo cálculos precisos de movimiento, dirección velocidad, etc., de los cuerpos.¹⁴⁰

La filosofía natural propuesta por Newton enmarca una clara preferencia para resolver o explicar los problemas de forma pragmática. Finalmente, una vez realizada la crítica a la imposibilidad de movimiento en Descartes, Newton se percató que la teoría física cartesiana depende de la identidad materia-espacio; considera que el principal problema es la identificación del espacio con los cuerpos. Por tal motivo, la respuesta a la que llega Newton es diferenciarlos, lo cual representa la conclusión de la primera parte de su obra *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos* donde apunta:

¹³⁹ Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 233.

¹⁴⁰ Benítez, —Comentarios a De gravitatione et aequipondio fluidorum” en *De Newton y los newtonianos*, p. 63.

Se concluye, sin duda alguna, que el movimiento cartesiano no es movimiento, pues no tiene velocidad, ninguna definición y no hay espacio o distancia recorrido por él. Así, es necesario que la definición de los lugares, y por tanto, del movimiento local, se refiera a algunas cosas inmóviles, tales como la extensión por sí sola o el espacio en tanto es visto como realmente distinto de los cuerpos.¹⁴¹

Descartes había abstraído de los cuerpos sus propiedades llegando a la conclusión de que lo único enteramente esencial en ellos es la extensión. Probablemente, Newton diría que es cierto que no puede haber cuerpos sin extensión pero agregaría que ello no implica que no pueda haber extensión sin cuerpos. Si bien, Newton coincidiría con Descartes en lo que consideran el espacio interno de los cuerpos difiere con el mismo ya que Newton postula un espacio externo independiente de ellos, lo que él llama espacio absoluto. Newton señala que hay una diferencia entre el espacio absoluto y relativo.

Sin embargo, como señala Koyré, Newton podría tomar la noción de espacio cartesiano relativa como el espacio relativo —~~espacio~~ [absoluto] *no* es la extensión cartesiana que se mueve por ahí y que se identifica con los cuerpos. Esto es a lo sumo el espacio *relativo*, que tanto los cartesianos como los aristotélicos confunden con el espacio absoluto que lo sustenta”.¹⁴²

En este primer escrito, Newton aún no esboza con tanta claridad la diferencia entre el espacio absoluto y relativo. Es incluso intuitivo que antes de señalar su propia noción de espacio exponga por qué la noción cartesiana de espacio no es satisfactoria. El objetivo particular más próximo de Newton es dar cuenta de la diferencia entre el espacio y los cuerpos, de argumentar que Descartes se equivoca al identificar la extensión de la materia con la materia misma:

Además, como Descartes parece haber demostrado que el cuerpo no difiere para nada de la extensión, abstrayendo la dureza, el color, el peso, el frío, el calor y las restantes cualidades de las que el cuerpo puede prescindir, de tal manera que, al final, sólo queda su extensión en largo, ancho y profundo, que es la única que pertenece a su esencia y como esto muchos lo han considerado como demostrado, y dado que, para mí, ésta es la única razón para confiar en esta opinión, para que no quede duda alguna acerca de la naturaleza del movimiento, objetaré este argumento explicando lo que son la extensión y el cuerpo y cómo difieren la una del otro; pues, ya que la distinción de sustancias en (entidades) extensas y pensantes o más bien, en pensamientos y extensiones es el principal fundamento de la filosofía cartesiana, que él sostiene que es, incluso, mejor conocida que las demostraciones matemáticas, considero de la mayor importancia aniquilar (esa filosofía) con respecto a la extensión, a fin de establecer fundamentos más ciertos de las ciencias mecánicas.¹⁴³

¹⁴¹ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 40.

¹⁴² Koyré, Alexandre, *Del mundo cerrado al universo infinito*, Siglo XXI, México, 1996, p. 153.

¹⁴³ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, 40-41 pp. Los paréntesis son de Benítez.

La cita anterior me parece muy enriquecedora, ya que por lo menos se vislumbran los siguientes puntos:

- (1) En el momento que Newton señala las características de la filosofía natural cartesiana inmediatamente afirma que éstas no han sido sometidas a crítica. Implícitamente, Newton está haciendo lo mismo que Descartes hizo en su momento: intentar eliminar “los prejuicios” y buscar una base sólida para las ciencias. Newton, como en su momento lo consideró Descartes respecto a la ciencia aristotélica, considera que no hay una razón lo suficientemente firme para confiar en la propuesta física cartesiana.
- (2) Newton señala el segundo propósito de su tratado: mostrar cómo es que la extensión y los cuerpos difieren.
- (3) Si bien, Newton acepta que el fundamento de la filosofía cartesiana es metafísico (la distinción de sustancias como entidades extensas y pensantes) todo apunta que Newton no tiene interés en debatir o polemizar en asuntos relacionados a la metafísica cartesiana. Por el momento sólo ha señalado que de lo que se ocupa su estudio es aniquilar su filosofía únicamente en lo que compete a su aspecto físico. En ese caso – y lo que quiero destacar en este estudio – Newton implícitamente reconoce que la principal tesis de la filosofía natural cartesiana involucra a su concepto de extensión. Por tal motivo, sólo se enfocará (por lo menos es su intención) en lo que concierne al concepto de extensión.
- (4) Es conveniente señalar que Newton, hasta cierto punto, reprocha el proceder cartesiano al momento de buscar los fundamentos de la filosofía natural. Descartes fundó su filosofía natural en principios metafísicos, en cambio, Newton prefiere las demostraciones de índole matemática. Con esto no quiero decir que Newton desacredita por completo la metafísica, por lo visto en la cita anterior, se abstiene de emitir un juicio sobre ella. Lo que conviene decir hasta este punto es que mantiene su distancia respecto a las controversias metafísicas.

En el siguiente apartado expondré el concepto de espacio newtoniano en esta obra, sus características, su argumentación de la diferencia con los cuerpos y la relación implícita con la ontología y epistemología.

2.1.4. Espacio

Paralelamente a Descartes – quien abraza la teoría mecanicista corpuscular – Newton adoptará las ideas de los atomistas. Indudablemente, la idea del espacio absoluto toma cierta particularidad con Newton, sin embargo los atomistas ya habían esbozado algunas ideas sobre el vacío. Como señalan Rioja y Ordóñez, en la Edad Media el atomismo prácticamente había desaparecido. El resurgimiento del atomismo fue gracias al descubrimiento de Epicuro y Lucrecio. Éstos a su vez asumían la posibilidad de un universo infinito. De acuerdo a estas teorías: —is sólo existen los átomos y sus propiedades cuantitativas, en tanto que las cualidades se reducen a puras impresiones subjetivas, dichas cualidades o especies no pueden razonablemente ser separadas de sus substancias”¹⁴⁴.

En la medida que el tema del espacio en Newton se va desarrollado encontraremos ciertas relaciones que guarda con el atomismo como lo son: la posibilidad de un universo infinito (y no indefinido como lo sostenía Descartes) y la importancia de las cualidades de la materia que causan ciertas impresiones en nosotros. Más adelante se desarrollarán estos temas, en este momento sólo quiero hacer énfasis en la concepción que sostiene del atomismo respecto al espacio. El atomismo sugiere que hay espacios vacíos, pero no hay que apresurarse a afirmar que sostienen un vacío como la nada. El atomismo sólo postula que hay espacios vacíos a través de los cuales puede moverse la materia. —Certamente, los atomistas tenían una idea muy distinta del espacio y nunca lo identificaron con el no ser, aun cuando lo hayan identificado con el no ser-material, lo cual le quita la carga de *no ser absoluto* y lo mantiene en el mundo de lo existente”¹⁴⁵.

En suma, la filosofía natural newtoniana está ampliamente cargada de elementos atomistas. Sin duda alguna, el concepto de espacio newtoniano también está cargado de una fuerte influencia neoplatónica y si echamos un vistazo en la siguiente sección veremos las similitudes que tiene la filosofía natural newtoniana tanto con el atomismo como con el neoplatonismo.

Subyace en todos estos detalles que Newton quiere deslindarse tanto de las teorías antiguas aristotélicas como de las teorías cartesianas. Newton destaca que el espacio absoluto no es ni sustancia ni atributo ni accidente:

Quizás ahora pueda esperarse que yo defina la extensión como sustancia, accidente o bien, como nada en absoluto. Pero, esto, de ningún modo, pues la misma tiene su propia manera de existencia que no encaja ni con las sustancias ni con los accidentes. No es sustancia tanto porque no subsiste absolutamente *per se* sino que, por así decir, es un efecto emanativo de Dios y una afección de

¹⁴⁴ Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 114.

¹⁴⁵ Benítez, Laura, “Comentarios a —De gravitatione et aequipondio fluidorum” en *De Newton y los newtonianos*, 77-78 pp.

todo ser, en tanto subsiste; y porque no subyace a las afecciones propias del tipo que denominamos sustancia, a saber, acciones tales como pensamientos en la mente y movimientos en el cuerpo.¹⁴⁶

Evidentemente, lo que Newton intenta hacer es salirse del marco conceptual aristotélico, cosa que Descartes no hizo a profundidad. Así, si Newton considera al espacio absoluto como un efecto emanativo de Dios no sería entonces una sustancia ya que, si atendemos a la definición aristotélica de la misma tendría una existencia independiente y el espacio depende de Dios. Newton además señala que la sustancia también es vista como una entidad que puede actuar sobre las cosas. Sin embargo, bajo esta definición tampoco se considera al espacio como una sustancia en la medida en que no puede actuar sobre los cuerpos, sólo es como un receptáculo de los mismos.

Por otra parte, como el espacio no se desprende de sustancia alguna tampoco es un atributo, ya que, no sería ninguna afección de ninguna sustancia. Además, como puede existir sin que haya sustancia alguna en él, tampoco podemos decir que sea una propiedad de la sustancia. Finalmente, en la medida en que no inhiere en ninguna sustancia tampoco es accidente. ¿Qué es el espacio? ¿Será una especie de nada? La respuesta de Newton es negativa:

Mucho menos puede decirse que [el espacio] sea nada puesto que, más bien, es algo, diferente al accidente y aproximándose mucho más a la naturaleza de la sustancia. No hay ninguna idea de la nada, ni tiene propiedad alguna, pero nosotros tenemos una idea excepcionalmente clara de la extensión, abstrayendo las disposiciones y propiedades de un cuerpo, de tal manera que sólo quede la extensión uniforme e ilimitada del espacio en largo, ancho y profundo.¹⁴⁷

De acuerdo a la perspectiva de Huggett, Newton está considerando una noción geométrica del espacio. Según él, Newton toma al espacio absoluto como un objeto geométrico euclidiano el cual se compone por puntos que a su vez forman líneas que a su vez forman superficies y que a su vez forman sólidos con volumen (no en un sentido de solidez) haciendo del espacio una entidad que puede albergar todos los lugares posibles.¹⁴⁸

Una descripción sería incompleta si Newton no señalara qué es el espacio. Continuemos con las características del mismo:

a) *Contiguo:*

En el espacio absoluto se pueden distinguir sus partes sin que ello implique una división. En efecto, Newton no hablará de una división real, ya que es meramente geométrica, en el sentido que las

¹⁴⁶ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 41.

¹⁴⁷ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 42.

¹⁴⁸ Cfr. Huggett, Nick, *Space from Zeno to Einstein*, p. 126.

superficies no tienen profundidad, ni las líneas ancho, ni los puntos dimensiones”.¹⁴⁹ Por tal motivo, entre los espacios no hay una división real. —E Espacio ~~aparece~~” como muchos mas no —~~e~~” muchos”.¹⁵⁰

Para clarificar la situación propongo el siguiente ejemplo: si pensamos en un cuerpo, por ejemplo un libro, y decimos que está sobre la mesa. ¿Cómo podemos situarlo en el espacio absoluto? ¿No sería afectado, cortado o dividido debido a la extensionalidad (dimensionalidad) de libro? Bien, si Newton quiere argumentar que el espacio es contiguo debe responder satisfactoriamente a la pregunta: ¿Cómo es posible la división en él? La respuesta a tal objeción es que cuando nosotros observamos un objeto presente en el espacio lo que hacemos al ubicarlo es una delineación del mismo mas no una división: —Prodoquier hay todo tipo de figuras, por doquier hay esferas, cubos, triángulos, líneas rectas y aquéllas de todas las figuras y magnitudes, aun cuando no se muestren a la vista, pues la delineación material de cualquier figura no es una nueva producción de esa figura, con respecto al espacio, sino sólo una representación corpórea de ella”.¹⁵¹

b) *Infinito:*

Hace unos momentos señalé que Newton tenía una clara influencia del atomismo. En efecto, los atomistas creían que el universo se extendía infinitamente. Si alguien argumentara que esto es imposible debido a que nosotros no podemos imaginarnos un espacio infinito, Newton respondería que esta imposibilidad es una imposibilidad de nuestra imaginación; pero, si hacemos caso a la razón nos convenceríamos de que el espacio es infinito. Para sostener dicha afirmación Newton nos ofrece dos argumentos – de los cuales no es de sorprender que sean un ataque directo a la filosofía natural cartesiana – el primero es de corte conceptual y el segundo de corte ontológico.

1. Lo indefinido no puede ser. El ejemplo de la línea vuelve a tomar el centro de atención. Según describe Newton, si una línea fuera indefinida (como Descartes describe que es la extensión) entonces por definición su magnitud no estaría determinada. Para que la línea sea, entonces debe tener una magnitud, así que de ella sólo podemos decir que es o bien finita o bien infinita. Siendo que no podemos poner límites al espacio absoluto tenemos que aceptar que es infinito.
2. Si el espacio absoluto es una emanación de Dios y atribuimos (como Descartes) que es indefinido entonces apuntaríamos a que Dios es imperfecto. Si el espacio se atribuye a Dios

¹⁴⁹ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 43.

¹⁵⁰ García, Juan, *Historia filosófica de la ciencia*, UNAM-Dirección general de publicaciones problemas científicos y filosóficos, México, 1963, p. 77.

¹⁵¹ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 43.

y Dios es perfecto, entonces el espacio es perfecto. Para finalizar, el espacio no puede ser perfecto si tiene límites, por tanto el espacio absoluto es infinito.

c) Condición para la ubicación de los cuerpos:

De la misma manera que Dios se encuentra en todos los lugares, Newton sostiene que el espacio subyace a todos los cuerpos materiales, que los dispone a ser. No debe entenderse aquí que de la existencia del espacio se derivan los cuerpos materiales sino que, en la medida que hay cuerpos materiales debemos suponer la existencia de un espacio absoluto. Es su condición en la medida que hace posible su ubicación —~~an~~ cuando es posible que imaginemos que no hay nada en el espacio, empero, no podemos imaginar que el espacio no exista, así como no podemos pensar que no hay duración, incluso si fuese posible suponer que ninguna cosa, la que sea, tiene duración”¹⁵².

d) Inmóvil:

Newton indica que las partes del espacio son inmóviles. Si se movieran tendríamos que decir que el movimiento de cada una de sus partes se da en relación o bien a vecindad de otras partes o bien en relación al propio espacio absoluto. Lo primero queda claro que no puede ser ya que sería lo mismo que sostiene Descartes y que Newton desacreditó. Lo segundo tampoco puede ser posible debido a que ambos coincidirían en todo lugar (ya que son infinitos). Incluso, si los objetos se mueven en él, esto no debe interpretarse como que el espacio se mueva junto con ellos; recordemos que ya no estamos en el plano de la filosofía cartesiana. El espacio posibilita no sólo la ubicación de los cuerpos, sino el movimiento de los mismos.

Y como las cosas no pueden llevarse el Espacio, por muy complacidas que hayan quedado de lo bien que les ajustaba y compenetraba por presencia discretísima, el Espacio se queda ~~inmóvil~~”, no con inmovilidad cósmica, que puede transformarse por un empujón en movimiento (inmovilidad de carácter privativo), sino por absoluta inmovilidad (inmovilidad negativa) de quien ni se mueve ni no se mueve; da más bien posibilidad para que las cosas se aparezcan moviéndose o no moviéndose.¹⁵³

e) Inmutable:

En efecto, Newton señala que el espacio no es afectado por la materia que se encuentra en él, es decir, sostiene que el espacio es inmutable lo cual es una herencia platónica. Esta característica se ve sustentada en la medida que el espacio es un efecto emanativo de Dios. Siendo que el inciso c) señala que el espacio es la condición de ubicación de los cuerpos materiales se sigue que el espacio

¹⁵² Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 49.

¹⁵³ García, Juan, *op. cit.* p. 77.

no puede ser afectado por ellos. —Nosólo Newton cree que el espacio es distinto de la materia, como en cierto modo los objetos son distintos entre sí, él cree que el espacio no es afectado ni por la materia ni por alguna otra cosa”.¹⁵⁴

f) *Penetrable:*

Esta característica me parece de suma importancia ya que le permite al físico inglés señalar dos cosas: en primera, la diferencia entre la materia y el espacio (ya que los cuerpos son impenetrables) y superar la afirmación que dicta: dos cuerpos no pueden ocupar el mismo espacio. En la postura aristotélica el espacio era visto como un “espacio del tipo recipiente” en ese caso, había espacio para cada cosa, el espacio del libro, de la piedra etc. De acuerdo a la visión de Newton, el espacio absoluto está muy lejos de ser el espacio-de-la- cosa; es el espacio que hace posible su movimiento, y más adelante dirá, su perceptibilidad. El espacio es la compenetrabilidad en su esplendor:

Si un cuerpo ocupa el espacio de (n) metros cúbicos, al irse de él no se lleva tal espacio, sino que tal espacio queda en disponibilidad permanente, cual posibilidad real de colocación y ordenación, de modo que podamos ver que tal cuerpo está en él, pero ver también que tal cuerpo no se lo apropia y lleva, por más ajustados que estén tal cuerpo y su tal espacio, tan ajustados que —el espacio de este cuerpo no es visible aparte de este cuerpo ni a su lado, ni a su derredor, sino que el cuerpo está en su espacio casi con aquella totalidad que permite decir que tal espacio todo está todo él en todo el cuerpo por una compenetración tan íntima que cada parte del cuerpo tiene su parte de espacio en que está, y lo mismo cada parte de una parte; y, con todo, tal compenetración lo es de —por presencia”; pues, al irse el cuerpo, no puede llevarse su espacio.¹⁵⁵

g) *Condición de percepción material:*

Estos dos últimos incisos se relacionan de manera más estrecha con los cuerpos. Newton señala tres condiciones de los cuerpos:

Si son cuerpos, entonces podemos definir los cuerpos como *cantidades determinadas de extensión que el Dios omnipresente dota de ciertas condiciones*. Estas condiciones son, (1) que sean móviles y, por tanto, no dije que fuesen partes numéricas del espacio que son absolutamente inmóviles, sino sólo cantidades definidas que pueden transferirse del espacio al espacio; (2) que dos de este tipo no puedan coincidir en parte alguna; esto es, que puedan ser impenetrables y, por tanto, que cuando sus movimientos las lleven a encontrarse,

¹⁵⁴ Not only does Newton believe space to be distinct from matter, in much the way that objects are distinct from one another, he believes it to be unaffected by matter or anything else. Hugget, Nick, *Space from Zeno to Einstein*, p. 129.

¹⁵⁵ García, Juan, *op. cit.* 75-76 pp.

ellas se paran y rebotan conforme a ciertas leyes; (3) que puedan despertar diversas percepciones de los sentidos y de la fantasía en las mentes creadas.¹⁵⁶

El espacio tal parece que se muestra como un puente que conecta a las cosas materiales con Dios. Newton postula que los cuerpos son perceptibles a nosotros por —mostrarse” en el espacio. Como afirma Benítez, Newton nos presenta una propuesta fenomenalista con el fin de eliminar la incognoscibilidad cartesiana.¹⁵⁷ De acuerdo con Descartes, Dios garantizaba la correspondencia de la idea que teníamos del objeto con el objeto mismo. Por el contrario, Newton parece asumir que, al ser el espacio un efecto emanativo de Dios, el espacio hace que las cosas (creadas por Dios) sean perceptibles y con eso es suficiente para considerar como cierta esa correspondencia. Los objetos para Newton, serán entonces, por sí mismos cognoscibles. Los cuerpos yacen en el espacio y por ello no debemos suponer la existencia de sustancias que soporten o unan sus cualidades. Sugiere Benítez que la síntesis de cualidades es dada, según Newton, por la mente que los percibe:

La propuesta newtoniana es la de adoptar la posición contraria, al subrayar que un objeto sensible podría, perfectamente ser un cúmulo o haz de cualidades sensoriales reunidas, de manera adecuada, por Dios. Por voluntad divina tales cúmulos o haces de cualidades se comportarían como cuerpos y no habría necesidad de más para decir que lo son. Quizás aquí podríamos decir que pensadores poscartesianos, como Newton y Berkeley, encontraron importante la sugerencia cartesiana de que las cualidades secundarias dependían para existir de que hubiera una mente que las percibiera y, por ello, *proponen que sea la mente divina la que mantenga al ser de los objetos perceptuales y luego serán las mentes creadas, individuales, las que den la unidad de los objetos percibidos, sin que, en ningún caso, haya necesidad de un ente, extramental (pues el mismo quedaría fuera de las capacidades perceptivas de los seres creados), que sea el sujeto de inherencia de las cualidades sensibles.*¹⁵⁸

Finalmente, Newton atribuye a Dios la existencia del espacio y la existencia de las cosas reales. Porque, recordemos que Newton no sólo quería mostrar la diferencia existente entre los cuerpos y el espacio por demás señala que al espacio absoluto le corresponde un rango mayor de realidad ante los cuerpos creados en él ya que sin el espacio los cuerpos no podrían existir.¹⁵⁹

Todas las cosas, incluyendo el espacio son o deben su existencia a Dios. En cierta medida de fondo se esconde una tesis inmanentista: hay una identidad entre Dios y su creación, es decir,

¹⁵⁶ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 52.

¹⁵⁷ Cfr. Benítez, —Comentarios a *De gravitatione et aequipondio fluidorum*” en *De Newton y los newtonianos*.

¹⁵⁸ Benítez, Laura, *Comentarios a “De gravitatione et aequipondio fluidorum”*, p. 101. Los paréntesis son de Benítez.

¹⁵⁹ Cfr. Newton, —Sbre la gravedad y el equilibrio de los fluidos” en *De Newton y los newtonianos*, p. 47.

entre Dios y los objetos materiales. Al ser todo identificado con Dios, no se habla de una división de entidades sustanciales como en su momento apuntaba Descartes.¹⁶⁰

Como breve conclusión, creo que Newton se sentía más cómodo con una epistemología que le garantizara que los cuerpos se muestran a nuestros sentidos tal y como son que asumir alguna que le dictara que las cosas han sido dadas y, por tal motivo, difícilmente encontraríamos una forma de garantizar una correspondencia viable.

Para concluir esta sección me parece claro que Newton muestra la diferencia entre el cuerpo y el espacio. Lo que es de suma importancia preguntarnos a estas alturas es: ¿no recurrió Newton finalmente a una metafísica para su propuesta de espacio? La respuesta es que, en efecto Newton si bien, no enfoca su estudio a desarrollar aspectos ontológicos, metafísicos o epistemológicos, de todas maneras siguen formando parte de su estudio e incluso, como podemos ver en este manuscrito algunos de los atributos del espacio así como algunos de los argumentos ofrecidos en contra del concepto cartesiano de espacio son de claro enfoque metafísico.¹⁶¹

Además, desde el principio Newton nunca calificó de falsa o verdadera a la metafísica cartesiana – aunque como vimos, discrepa mucho de la misma – sólo consideró que un estudio de la filosofía natural no debe basarse en principios metafísicos sino en principios matemáticos. En particular, yo me inclino a pensar lo mismo que Hugget: que las ciencias, incluso como las entendemos ahora, por el simple hecho de ser y hacer una reflexión del mundo involucran ya una postura ontológica y epistemológica. –Uno podría preguntarse por qué Newton consideró necesario discutir cuestiones filosóficas en un texto de física. La respuesta, como veremos, es que no todas las preguntas pueden ser como sostener una paloma, este tema, como otros tantos, no es ni estrictamente filosófico ni estrictamente científico”.¹⁶²

A continuación, señalaré – del mismo modo que lo hice con la filosofía natural cartesiana – la vía de reflexión en la que se encuentra el físico inglés.

¹⁶⁰ Para empezar, bajo una postura como la cartesiana es inaudito poner a Dios al mismo nivel que las cosas materiales. Descartes, quizá por su contexto, fue muy cuidadoso y no quiso dar pautas para no ser considerado ateo. Como ejemplo tenemos su esfuerzo por señalar que el espacio es indefinido y no infinito. Considero que, más que responder a una deducción lógica de su propio sistema, Descartes caracterizó al espacio de esta manera para no ser considerado un immanentista.

¹⁶¹ De hecho, como hace notar Robert Disalle, algunos de los filósofos contemporáneos como Huygens, Leibniz y Berkeley objetaban que los conceptos newtonianos de “espacio absoluto” —“tiempo absoluto” y —“movimiento absoluto” eran epistemológicamente infundados, señalaban que no eran conceptos científicos en la medida que la noción de absoluto resultaba un tanto metafísica y oscura. *Cfr.* Disalle, Robert, “Newton’s philosophical analysis of space and time” en *The Cambridge Companion to Newton*, p. 33.

¹⁶² One might wonder why Newton felt it necessary to discuss apparently philosophical questions in a physics text. The answer, as we shall see, is that not all questions can be so neatly pigeon—holded: this issue, like many others, is neither strictly philosophical nor strictly scientific. Hugget, Nick, *Space from Zeno to Einstein*, 126-127 pp.

2.1.5. Conclusión del primer momento. Vía de reflexión crítica

En el capítulo anterior indiqué las razones por las cuales inscribíamos al filósofo francés en la vía de reflexión epistemológica. Como bien señala Benítez, con Newton se abre paso a la vía de reflexión crítica. Basándome en las características de las vías de reflexión que Benítez expone en su obra: *Descartes y el conocimiento del mundo natural* quiero explicar cómo se desarrolla la filosofía natural de Newton. De cursivas señalaré las citas a dicha obra e inmediatamente se apreciarán mis comentarios.¹⁶³

1. No se acepta una ontología dura en el sentido que no postula entidades “*duras*” que no son objetos de conocimiento. Benítez especifica los siguientes sentidos:
 - a) *Si existen entidades “duras” o per se no son objetos de conocimiento.* Como lo vimos anteriormente, Newton postula la existencia de Dios, sin embargo, se reserva cualquier afirmación de índole metafísica.
 - b) *Las entidades que son objeto del conocimiento se construyen a partir de nuestras estructuras perceptuales y de conciencia y tampoco se adscriben a ningún sujeto ontológico “duro” como res cogitans, alma, yo, etcétera.* Como señalé en el apartado anterior, la teoría de Newton no nos posiciona como sujetos que aprehendamos cosas, ya que el mundo, como se dijo, no está dado. Por tal motivo, el objeto de conocimiento no puede ser un objeto perdido en el mundo que nosotros debemos capturar, sino que es construcción de un sujeto. Cabe destacar que por sujeto no se entiende una sustancia o un yo trascendental.
2. *Que la experiencia es la “materia prima” sobre la que las estructuras cognitivas constituyen el objeto de conocimiento.* Este punto se deriva inmediatamente del apartado b. En efecto, si el objeto es construido y esa construcción se da gracias a las experiencias que tenemos de los mismos por tal motivo, la materia prima serán nuestras experiencias.
3. *Las formas y funciones de la sensibilidad y del entendimiento nos permiten recortar adecuadamente objetos de conocimiento.* Como ejemplo tenemos al espacio absoluto. Cuando nosotros queremos hacer referencia a ciertos cuerpos en el espacio lo que hacemos es “*acortar*” al espacio sin que por ello el espacio absoluto sea afectado. Esa sería una función de la sensibilidad pero es gracias a una función del entendimiento que podemos entender que el espacio absoluto es infinito.

¹⁶³ Benítez, Laura, *Descartes y el conocimiento del mundo natural*, 17-18 pp.

4. *El recorte de objetos de conocimiento se lleva a cabo del “mismo modo” ya que las estructuras cognitivas: formas espacio-temporales de la sensibilidad y red categorial propia del entendimiento se consideran en los inicios de la vía de reflexión crítica como invariables de los sujetos racionales.* Este punto se deriva del anterior. Quisiera advertir que el punto anterior puede ser erróneamente considerado. Si bien Newton sostiene que las experiencias que tenemos de los objetos son la materia prima de nuestro conocimiento ello no quiere decir que sea la única. El recorte de los objetos de conocimiento no sólo se lleva a cabo a través de la sensibilidad. Newton considera que también es menester (al momento de hacer ciencia) hacer uso de la razón para enunciar las regularidades o principios que rigen al mundo de forma geométrico-matemática.

5. *Esto condiciona a su vez la “universalidad” y “objetividad” del conocimiento pues, según esta versión crítica, siempre “pescamos” la experiencia en la misma red categorial.* Retomando lo dicho al inicio del capítulo las motivaciones newtonianas y cartesianas no difieren. Ambos querían buscar una ciencia de carácter universal y objetivo. La diferencia consistió en que Descartes pensó fundar su pretensión en principios metafísicos mientras que Newton lo hizo en principios matemáticos.

2.2. Segundo momento: Principios matemáticos de la filosofía natural

Principios matemáticos de la filosofía natural no sólo representa la obra más importante de Isaac Newton sino que es la expresión de la génesis de la física clásica. Para que todo esto fuera posible se requirió de un proceso. Anteriormente – en el punto 1 – señalé el proceso, que de acuerdo a Bernal llevó a cabo el físico inglés. Hemos visto además, que la etapa uno se ha cumplido. Newton ha criticado ciertos aspectos sobre los que se basaba la filosofía natural cartesiana, no sin evitar la introducción de los nuevos elementos que constituirían la filosofía natural newtoniana. En efecto, ya desde este escrito, Newton ha apuntado a conceptos como: espacio independiente de los cuerpos, fuerzas, velocidad, etc.

Si bien, considero que la crítica newtoniana a la filosofía natural cartesiana desacreditó muchos conceptos forjados por el filósofo francés, también existieron conceptos retomados por Newton sin los cuales, no habría sido posible la filosofía natural newtoniana o, como se considerará, la física clásica.

Los *Principios de la filosofía natural* fueron publicados en el año 1687 teniendo otras dos ediciones en el año 1713 en Cambridge y 1726 en Londres.¹⁶⁴ Vale la pena recordar los objetivos o problemas a resolver de la filosofía natural que enfrentaba Newton los cuales eran: ofrecer una concepción correcta del movimiento, explicar por qué los planetas se mueven en órbitas y qué los mantiene en rotación y explicar el problema de la atracción.

A su vez, no es menos importante recordar que los problemas a los que Newton se tiene que enfrentar se distinguen en gran medida por ser en su mayoría problemas físicos. Bernal ofrece una síntesis del propósito newtoniano en dicha obra: –Consistió en demostrar cómo la gravitación universal podía mantener el sistema del mundo. Pero no trató de conseguirlo por el antiguo camino filosófico sino por el nuevo sendero cuantitativo y físico”.¹⁶⁵

Los problemas a resolver fueron traídos a colación puesto que corresponden perfectamente a los propósitos antes señalados. De hecho, me parece una forma muy precisa de sintetizarlos. Es a través de la explicación del movimiento como un fenómeno de atracción mutua que Newton logra calcular y precisar cómo los planetas se mueven en sus respectivas órbitas.

Cabe destacar que, para lograr el propósito antes señalado fue de suma importancia su obra *Sobre la gravedad y equilibrio de los fluidos* la cual, preparó las condiciones para esta obra magna. Bien señalan Rioja y Ordóñez: –En anterioridad a 1670 Newton ha afirmado en el *De Gravitatione* la prioridad lógica y temporal del espacio y del tiempo sobre la materia, alejándose así de los planteamientos relacionales cartesianos”.¹⁶⁶

Quiero destacar a continuación cómo se entiende la postura absolutista newtoniana frente a la postura relativista cartesiana. Siendo que la crítica newtoniana se concentra en la identificación cartesiana de materia con el espacio, a continuación desarrollaré el concepto de espacio newtoniano en esta obra.

2.2.1. Espacio

Insistiendo en un tratamiento matemático-geométrico de la filosofía natural, Newton procede en esta obra a través de definiciones y axiomas haciendo de la mecánica un estudio que precisa de seguir un modelo geométrico-euclidiano. Rada señala cabalmente que Newton no tiene interés en construir su filosofía natural basándose en proposiciones de carácter analítico; ante ellas, prefiere construir su filosofía natural basándose en principios geométricos:

¹⁶⁴ Cfr. Rada, Eloy, –Apéndice Bibliográfico” en *Principios matemáticos de la filosofía natural*.

¹⁶⁵ Bernal, John, *op. cit.* p. 463.

¹⁶⁶ Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 238.

Se halla implícita una opción metodológica vinculada no sólo a sus preferencias, en este momento, por las formulaciones geométricas en lugar de las analíticas, sino también a su modo de entender las relaciones espacio-tiempo-movimiento, que se hallaba vinculado a imágenes geométricas o a las representaciones geométricas de las mismas, cosa muy evidente cuando aborda la construcción de problemas de movimiento, etc.¹⁶⁷

Pero tampoco es conveniente hacerle injusticia al autor ya que, ante el intento de dar una explicación a la mecánica de los cuerpos no puede reducir su estudio a un carácter puramente matemático. Ante todo subyace la idea que el objeto de estudio de la filosofía natural no es idéntico al objeto de estudio matemático, por tal motivo también es pertinente auxiliar a la ciencia de los resultados que arrojan las investigaciones científicas, ésta tal vez se muestra como una de las principales diferencias con el filósofo francés: “[Newton] no está obteniendo una consecuencia matemática de una proposición o de varias, sino que está expresando como inferencia de todo lo anterior la conducción necesaria para que en el caso de los planetas, y el mundo en general, se cumplan las proposiciones matemáticas sobre el movimiento”.¹⁶⁸

Pasemos ahora al concepto de espacio newtoniano. En el escolio de la octava definición Newton, como en su momento lo hiciera Descartes, advierte que por espacio no considera lo que señala el sentido común: “Hay que señalar, sin embargo, que el vulgo no concibe estas magnitudes [de espacio, lugar y movimiento] si no es con respecto a lo sensible. De ello se originan ciertos prejuicios para cuya destrucción conviene que las distingamos en absolutas y relativas, verdaderas y aparentes, matemáticas y vulgares”.¹⁶⁹

Cautelosamente, Newton precisa esta distinción para que, en el momento que postule conceptos absolutos no sean confundidos con los conceptos relativos. Curiosamente Newton, al igual que Descartes, se ve orillado a definir dos tipos de espacios. Newton señala:

El espacio absoluto, por su naturaleza y sin relación a cualquier cosa externa, siempre permanece igual e inmóvil; el relativo es cualquier cantidad o dimensión variable de este espacio, que se define por nuestros sentidos según su situación respecto a los cuerpos, espacio que el vulgo toma por el espacio inmóvil: así, una extensión espacial subterránea, aérea o celeste definida por su situación relativa a la Tierra. El espacio absoluto y el relativo son el mismo en especie y en magnitud, pero no permanecen siempre el mismo numéricamente.¹⁷⁰

¹⁶⁷ Rada, Eloy, “Introducción” en *Principios matemáticos de la filosofía natural*, 56-57 pp.

¹⁶⁸ *Ibid.*, p. 64.

¹⁶⁹ Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, p. 127.

¹⁷⁰ *Idem.*

Esta cita no expresa más que lo que Newton ya había tratado en su escrito anterior. En efecto, comparando la filosofía natural de ambos autores no es difícil notar que los dos recurren a una explicación dualista de espacio. Pese a las intenciones de Descartes de establecer un único movimiento para cada cuerpo, resulta inquietante – como bien percibe Newton – que Descartes haya tenido que recurrir a la mención de un espacio “absoluto”. Newton en *Sobre la gravedad* declara que incluso un relativista como Descartes se vio obligado a recurrir al espacio genérico.

Si el Filósofo refiere esa traslación [de los cuerpos], no a las partículas corpóreas numéricas de esos vórtices, sino al espacio genérico en el que existen esos vórtices, al fin concordamos, pues él admite que el movimiento debe referirse al espacio, en tanto que se distingue de los cuerpos.¹⁷¹

Newton considera que si se quiere obtener una cuantificación precisa del movimiento de los cuerpos es imprescindible la utilización de una referencia ajena a los mismos.

Tal parece que estos conceptos se van adecuando a las necesidades. En los niveles del movimiento local es más accesible disponer del espacio relativo. Para saber la distancia de los objetos que observamos hacemos uso del espacio relativo, decimos que este objeto se encuentra a tanto de distancia del otro. No podríamos hacer eso a menos que tengamos un punto de referencia previamente definido. Permítanme recurrir a un ejemplo: si queremos saber la distancia que existe entre nuestra casa y nuestra escuela no podríamos hacerlo sin fijar previamente nuestra casa como un punto de referencia inmóvil. Incluso, podemos determinar la superficie de la Tierra partiendo de un punto inmóvil etc.

Los espacios relativos necesitan de esquemas o marcos de referencia de igual manera particulares. En este sentido, Newton logra superar el problema cartesiano de la determinación de distancias entre otros cuerpos. En un mundo en el que todo se mueve no es posible fijar marcos de referencia. Así, Newton señala que el espacio relativo es el espacio de sentido común en la medida en que es el más accesible a nuestros sentidos, sin olvidar que esta medición tampoco puede desligarse de un espacio absoluto (como el ser de todos los lugares posibles) que lo respalde:

Mas como estas partes del espacio no pueden verse y distinguirse unas de otras por medio de nuestros sentidos, en su lugar utilizamos medidas sensibles. Por las posiciones y distancias de las cosas a un cierto cuerpo que consideramos inmóvil, definimos todos los lugares; posteriormente interpretamos todos los movimientos por respecto a los antedichos lugares, en tanto que los concebimos como pasos de los cuerpos por estos lugares. Así, usamos de los lugares y

¹⁷¹ Newton, *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos*, p. 38.

movimientos relativos en lugar de los absolutos y con toda tranquilidad en las cosas humanas: para la Filosofía, en cambio, es preciso abstraer de los sentidos. Pues es posible que en la realidad no exista ningún cuerpo que esté en total reposo, al que referir lugar y movimiento.¹⁷²

La necesidad de la postulación de un espacio absoluto y relativo no se presenta más que como una necesidad práctica. Newton señala que incluso no es posible que un cuerpo pueda permanecer en absoluto reposo. Considero que, mientras que el espacio relativo representa el espacio que debemos suponer porque nuestros sentidos así lo dictan, el espacio absoluto es el que debemos suponer de forma racional para explicar el movimiento absoluto entre otros fenómenos.¹⁷³

Por el contrario, todo el que pretenda penetrar en la comprensión física del mundo necesitará recurrir al espacio absoluto. Repentinamente, sale a la luz que Newton todavía sigue pensando en términos filosóficos y no enteramente físicos.

Hay que considerar que este desarrollo al igual que el sistema físico cartesiano, involucra otros conceptos que intentan explicar y dar respuesta a ciertos fenómenos. Por tal motivo, en los siguientes apartados desarrollaré de manera general otros conceptos esbozados por Newton como son: la materia, el movimiento, las fuerzas, y las leyes presentadas por el mismo. La exposición no tendrá como fin desarrollar toda la física newtoniana, ya que ese no es mi objetivo, simplemente el desarrollo de estos términos tendrá como fin argumentar dos cosas: la primera, la necesidad de la postulación de un espacio absoluto y la segunda que, a pesar de las divergencias, la filosofía newtoniana se vio enriquecida por algunos postulados cartesianos.

Hasta el momento no he proporcionado más información sobre el espacio newtoniano que la que pueda ofrecer la definición misma. Esto tiene una sencilla razón: la física newtoniana (aun los datos específicos que deseo abordar) sólo puede ser explicada teniendo por lo menos una noción del marco teórico. Por tal motivo, si se me permite, expondré en primera instancia las definiciones (intentando ser explicativa y comparativa con Descartes en todo momento) de movimiento y fuerza; posteriormente, desarrollaré cómo se ven envueltos estos conceptos a favor del planteamiento del “espacio absoluto” en el sistema físico newtoniano.

Hasta este punto sólo he mencionado los tipos de espacio que enuncia Newton empero ¿Está postulando un vacío? ¿Qué ventajas tiene su postura absolutista ante una postura relativista? Hemos hablado ya del espacio newtoniano. No obstante, no debemos pasar por alto lo que ocupa los espacios, es decir la materia ¿Qué dice Newton sobre la materia? Se expondrá a continuación.

¹⁷² Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, 129-130 pp.

¹⁷³ Nótese que Newton describe que el espacio relativo es ampliamente funcional para asuntos concernientes a la practicidad de la vida, lo que denomina: cosas humanas.

2.2.2. Materia

Newton no destaca lo que concibe como materia en su obra *Principios* como lo hizo en su obra *De ære et æthere* (1673-1675). No es de sorprenderse que Newton contara ya con un concepto más completo de materia que con el que pudo abastecerse en su momento Descartes. Newton se da cuenta de que no es necesario un choque de cuerpos para que se produzca un cambio. En cierta medida, la filosofía Natural de Newton se vio beneficiada por los adelantos de su época, los estudios realizados le permitieron abordar otros tipos de procesos que permiten cambios como procesos químicos o biológicos no restringiéndose a teorías meramente físicas o mecanicistas, tal es el caso cuando explica los diferentes tipos de aire y qué cuerpos los producen.

Las sustancias aéreas son muy diferentes de acuerdo con la naturaleza de los cuerpos que las generan. Los metales, por corrosión, fermentación o incineración, dan un aire permanente verdadero; las sustancias vegetales y animales, por corrosión, fermentación o incineración, dan un aire de corta duración, como un suspiro, y las sustancias volátiles, enrarecidas por el calor, dan el aire menos duradero de todos, que llamamos vapor.¹⁷⁴

Lo que vale la pena observar de esta cita no es si Newton tiene una base sólida o si sus afirmaciones son ciertas o no sino que Newton comienza a acercarse cada vez más a lo que nosotros entendemos como ciencia, en este caso particular: la química. Como bien señala Benítez en su artículo: *Sobre la noción de materia en el "De ære et æthere" de Isaac Newton*, el físico inglés se aleja cada vez más de la filosofía natural antigua, precisamente de los conceptos aristotélicos, dándole una preferencia a las operaciones de la naturaleza:

Estamos, pues, muy lejos de la explicación por el mero choque de partículas; hay en juego procesos físicos y químicos y la noción de sustancia está, por ello, más cerca de nuestra idea de sustancia química que la noción aristotélica de sustancia, porque esta nueva pluralidad sustancial no se da con base en naturalezas por completo diversas entre sí, sino sobre la consideración de que las diversas operaciones de la naturaleza dan lugar a la modificación de la materia en la variedad de los fenómenos que percibimos.¹⁷⁵

¿Ha logrado Newton deslindarse completamente de la filosofía natural cartesiana? ¿Ha desechado completamente los postulados que ofrecía y construido su física desde cero? A estas alturas, me parece que he apuntado mucho en este estudio a que la respuesta es negativa. Si bien, resulta claro que Newton ha dado un salto considerable y enriquecido el concepto de materia no menos cierto es

¹⁷⁴ Newton, —*De ære et æthere*” en *De Newton y los newtonianos*, 130-131 pp.

¹⁷⁵ Benítez, Laura, —*Sobre la noción de materia en el "De ære et æthere" de Isaac Newton*” en *De Newton y los newtonianos*, p. 147.

que aún conserva ciertos postulados cartesianos como lo son: la división de la materia y la homogeneidad de la misma. Expone Newton en *De aere et aethere*:

Y así como los cuerpos de esta tierra, al romperse en pequeñas partículas se convierten en aire, así estas partículas pueden romperse en otras, aún más pequeñas, por una acción violenta y convertirse en un aire todavía más sutil, el cual, si es lo suficientemente sutil como para penetrar los poros del vidrio, el cristal y otros cuerpos terrestres, le llamaremos el espíritu del aire o el éter.¹⁷⁶

No cabe duda que en la filosofía natural de Newton permean aún ideas de la filosofía natural cartesiana. Sin entrar en consideraciones en las nociones de procesos químicos y biológicos que apunta Newton considero pertinente preguntarnos: ¿Por qué Newton no ofrece una explicación de materia tan detallada en *los Principios* como lo hizo en sus otras dos obras anteriores? Finalmente, el problema que tenía que tratar era sobre el movimiento de los cuerpos, en ese sentido la noción de materia no se considera tan atractiva a tratar como lo es el dar respuesta a lo que produce su movimiento.

La materia para Newton se muestra como una entidad inerte en sí misma pero sobre la cual (como veremos más adelante) interactúan fuerzas que la mantienen en movimiento. Sólo que todo apunta que Newton siempre tuvo conflictos para señalar qué es lo que hacía que los cuerpos se movieran señala Nydia Lara en su artículo: *Materia, Newton y espacio vacío*:

Lo que Newton trataba de distinguir dentro de la misma física, era el hecho de que, si concebíamos a la materia como pasiva, su actividad tenía que ser explicada a través del reconocimiento de que sólo la materia no bastaba; se requería la existencia de otra cosa, esto es, se requería la existencia de *un principio activo* que la moviese. Pero ¿qué podía ser ese principio activo? ¿Dios, un espíritu, el éter? Aunque sea cierto que Newton nunca supo cómo llamarlo, también lo es el que se dio perfectamente cuenta de que se trataba de algo definitivamente no material.¹⁷⁷

Newton difería con el corpularismo cartesiano precisamente porque mientras que el filósofo francés explicaba el movimiento como una transferencia, Newton lo explica como un principio activo. No cabe duda de que Newton se encuentra en aprietos al intentar dar una explicación de qué son esos principios, en qué consisten, qué los causa y cómo pueden ser principios activos de la materia. Prudentemente, decide no afirmar nada al respecto sólo que esos principios deben suponerse para que el sistema físico sea coherente ya que lo que se conoce es el comportamiento de los cuerpos.

¹⁷⁶ Newton, —“De aere et aethere” en *De Newton y los newtonianos*, p. 132.

¹⁷⁷ Lara, Nydia, —“Materia, Newton y espacio vacío” en *El concepto de materia*, Colofón, México, 1992, p. 105.

Según Newton, una teoría física como la cartesiana que explica el movimiento de la materia inerte a través de la ganancia y pérdida de movimiento es insuficiente ya que necesitarían de un principio activo. Por esta razón, no debe entenderse el éter newtoniano de la misma manera que el cartesiano. Recordemos que Descartes sostiene una postura plenista bajo la cual el éter garantiza que no pueda haber ni un solo intersticio entre las partículas de la materia. En contraposición, Newton afirma que el éter es tan sutil que es capaz de penetrar a los cuerpos lo cual nos lleva a que Newton no sólo rechaza el espacio pleno cartesiano en la medida en que hace imposible la determinación de la posición de un cuerpo sino porque considera que hay intersticios en el éter, lo cual sería una proposición completamente absurda para Descartes.

2.2.3. Espacio vacío

En efecto, Newton no sólo advierte que Descartes estaba errado en la identificación materia-extensión sino que la teoría plenista que sostenía también estaba equivocada. Como bien describe Benítez la introducción de un espacio vacío le posibilita a Newton explicar cómo circulan los cuerpos:

Newton lo concibe [el éter] como resultado de una división corpuscular, siguiendo en esto a Descartes. Pero el éter de Newton tiene la capacidad de penetrar los cuerpos cuyas partes, sin tocarse por todos lados, permiten su entrada. En Descartes, aunque existen los intersticios siempre están llenos de esta materia sutil, lo cual cumple con su esquema plenista y deja pocas posibilidades a la explicación de cómo circula este éter.¹⁷⁸

Si bien, es un poco dudoso el aceptar una teoría plenista ¿Qué puede decir Newton al momento de asumir el espacio vacío? Haremos bien en recordar las razones del por qué Descartes temía tanto a la postulación del vacío. Descartes pensaba que las sustancias debían ser sustancias de algo. Si la materia no es más que extensión entonces el postular una extensión sin materia equivaldría a postular una sustancia de la nada, lo cual es absurdo. Claro que la filosofía natural newtoniana hace tiempo que ha intentado no tocar la terminología aristotélica, pero seamos condescendientes con Descartes ¿El espacio newtoniano es un espacio de la nada? En absoluto:

La distinción real entre el espacio y la materia, aunque entraña el rechazo de la identificación cartesiana de la esencia de la materia con la extensión, no implica necesariamente, como sabemos, la aceptación de la existencia de un vacío actual: hemos visto cómo Bruno y Kepler afirmaban también que el espacio está en todas partes lleno de <<éter>>. Por lo que a Newton atañe, aunque también él

¹⁷⁸ Benítez, Laura, “Newton y el “De aere et aethere” ¿mecanicismo o dinamismo?” en *De Newton y los newtonianos*, p. 169.

crea en un éter que llena al menos el espacio de nuestro <<mundo>> (sistema solar), con todo, su éter es una sustancia muy fina y elástica, una especie de gas extremadamente raro que no llena completamente el espacio del mundo.¹⁷⁹

Como bien afirma Koyré, Newton no está apuntando a un espacio absoluto como un espacio de la nada. Es un espacio vacío y esta idea, como lo ha hecho ver Koyré, no es precisamente novedosa en el caso del físico inglés. Lo que me parece muy destacable es que ninguno de los dos autores afirmó la existencia de un espacio de la nada. Todo apunta que siempre tiene que existir algo, ya sea algo físico (materia) o algo inmaterial (fuerzas). Continuando con la exposición, contrario al éter cartesiano, el éter que expone Newton no llena todos los intersticios debido a que es muy sutil.

Descartes, como señala Benítez, propuso un plenismo auxiliándose de la cohesión de la materia. Lo que posibilitaba el pleno es que la materia se hallaba cohesionada.¹⁸⁰ La cohesión era explicada como la unión de partes de la materia y según Newton esa cohesión no puede ser explicada sólo con la unión de las partes ¿cómo lo logran? La respuesta de Newton apuntaría a la intervención de las fuerzas.

En suma, tanto en la postulación del espacio vacío como en la descripción de la materia Newton ha recurrido en varias ocasiones a explicar su física por la acción de las fuerzas en los cuerpos ¿qué son? Intuitivamente, hablar de la aplicación de fuerzas a la materia implica un movimiento, por tal motivo antes de hablar de las fuerzas en Newton quiero señalar en general qué es el movimiento para Newton.

2.2.4. Movimiento

Hablar de movimiento implica, sin duda alguna hablar del desplazamiento de un cuerpo de un lugar a otro. Sostener un espacio absoluto y relativo implica a su vez una importante consecuencia en lo que respecta al movimiento. ¿Qué es lo que pensamos cuando decimos que un cuerpo se mueve? ¿Cómo es que percibimos que un coche se acerca o que un objeto se cae? Porque percibimos que ha cambiado su lugar. Así, Newton señala que es preciso mencionar qué se entiende por lugar para poder describir las condiciones del movimiento.

Lugar es la parte del espacio que un cuerpo ocupa y es, en tanto que espacio, absoluto o relativo. Digo parte del espacio no situación del cuerpo ni superficie externa. Pues los sólidos iguales siempre tienen lugares iguales; las superficies, en cambio, por la semejanza de las figuras son muchas veces desiguales. La

¹⁷⁹ Koyré, Alexandre, *Del mundo cerrado al universo infinito*, p. 161. Los paréntesis son de Koyré.

¹⁸⁰ Cfr. Benítez, Laura, "Newton y el "De ære et æthere" ¿mecanicismo o dinamismo?" en *De Newton y los newtonianos*, p. 165.

situación, hablando propiamente, no tiene cantidad y no es tanto lugar cuanto una propiedad del lugar.¹⁸¹

La definición de lugar antes expuesta parece construirse en negaciones: primera negación, Newton advierte que el lugar no debe confundirse con la situación del cuerpo. Esta advertencia le parece imprescindible ya que no quiere que su concepto de lugar sea mal interpretado como un concepto cartesiano, mostrándose nuevamente, en continuo rechazo a la filosofía natural cartesiana. Segunda negación, el lugar no puede ser considerado como la superficie de un cuerpo. En efecto, el concepto newtoniano de lugar omite esa relación íntima con el cuerpo. Tercera negación, el lugar como la situación. Esta afirmación restringe a pensar la posibilidad de que un lugar pueda cambiar de lugar. Apuntar que un lugar se sale de su lugar es por demás absurdo y no debe considerarse así.

¿Qué es entonces el lugar? El lugar es una división que nosotros hacemos del espacio. Cabe destacar que esta división no puede afectar de ninguna manera al espacio absoluto (ya que este es inmutable) sino que es una operación de la mente. Es difícil entender esta diferencia ya que la compenetración de cuerpo con espacio es demasiado profunda. Solemos pensar que el espacio está en los cuerpos, Newton agregaría que no está como una propiedad de ellos sino en la medida en que los cuerpos ocupan —~~se~~” lugar. Así, cuando nosotros queremos —~~ut~~car” un cuerpo o incluso medirlo es menester hacerlo apelando a los lugares pero esto no afecta en absoluto al espacio inmutable, cualquier división que se haga del mismo es irreal como apunta García:

Las cosas señalan —~~u~~ lugar” o su espacio —~~el~~ativo” en el Espacio, casi como los cuerpos señalan su imagen y los límites de ella en el espejo. A tal señalar o delimitar exactamente su espacio en el Espacio llama Newton —~~medir~~” el Espacio; y tal medir es mucho menos real que escribir en el agua, y divide realmente tan poco el Espacio como las imágenes rayan la superficie del Espejo; pero si no es real tal medirse en el Espacio, tal señalarse y asignarse su Espacio, es con todo algo aparential, bien definido y firme en su orden, y negarle tal tipo sutil de realidad equivaldría a negar que se dan imágenes en los espejos”.¹⁸²

Así, tal como sucede con el espacio, el lugar adquiere un carácter dual que le hereda al movimiento. Por tanto, tenemos un movimiento relativo o absoluto de un lugar relativo o absoluto en un espacio relativo o absoluto que, sin duda nos indicarán la necesidad de la postulación de un espacio absoluto, considera Newton: —~~M~~ovimiento absoluto es el paso de un cuerpo de un lugar absoluto a otro lugar absoluto, el relativo de un lugar relativo a otro lugar relativo”.¹⁸³

¹⁸¹Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, p. 128.

¹⁸²García, Juan, *op. cit.* p. 76.

¹⁸³Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, p. 128.

Se ha dejado de lado el movimiento como una traslación de la vecindad de los cuerpos circundantes. Por el momento, me parece que será suficiente afirmar que el movimiento relativo (el cual no debe confundirse con una postura relacionista como la de Descartes) es el movimiento práctico, el que se sitúa y podemos percibir en nuestra vida diaria, un coche en movimiento, una persona corriendo etc. Es posible confundir el movimiento relativo con el movimiento local cartesiano, mientras Descartes consideró el término relativo como un cuerpo que se mueve en relación a otro, Newton lo está considerando en relación a otro cuerpo como marco de referencia. Como afirma Nathan:

Con Descartes se explicitó el hecho de que para la física clásica por “movimiento” se entiende locomoción, o cambio de lugar. O sea, el movimiento no es un proceso interno a un cuerpo (como lo sería para Aristóteles), sino un cambio de relaciones espaciales. Por ello, el movimiento es siempre “relativo”: un cuerpo que se mueve *en relación con*, o *con respecto a* un lugar, o a otros objetos que se consideran en reposo. Es crucial para nuestra discusión destacar que la afirmación de que el movimiento es ‘relativo’, no implica una teoría relacional del espacio, ni impide trazar una distinción, como lo hace Newton, entre el movimiento absoluto y relativo.¹⁸⁴

En efecto, el movimiento newtoniano no puede prescindir de un punto de referencia inmóvil. Por ejemplo, si caminamos de nuestra casa al trabajo tomamos como punto de referencia o punto de origen “nuestra casa” y consideraremos el punto final “la entrada del edificio donde trabajo”. Para medir el movimiento relativo necesitamos de un punto de referencia inmóvil, al presentarnos éste una posición podemos determinar la trayectoria efectuada siempre haciendo de otros lugares arbitrariamente seleccionados.

No resulta sorprendente la gran diferencia entre el físico inglés y Descartes respecto al movimiento. El que un cuerpo se mueva implica para Newton la intervención de fuerza. En el primer capítulo, señalé que Descartes rehuyó a la noción de fuerzas a causa que se lo tomaran como poderes ocultos. ¿Qué dice Newton sobre las fuerzas? Lo explicaré en el siguiente apartado:

2.2.5. Fuerzas

Ante todo, debe advertirse que Newton considera a las fuerzas como entidades que existen en la medida en que arrojan resultados observables. Como se ha visto en este estudio, desde sus primeros esbozos de la física, Newton no ha ocultado la inclinación que tiene para postular fuerzas en su sistema físico como algo que hace más comprensible el estudio de la mecánica. Inclusive, pudimos apreciar (aunque no haré un rastreo de ello) que Newton hacía uso de esta terminología desde su

¹⁸⁴ Nathan, Elia, *op. cit.* p. 144.

obra *De Gravitatione* y que, incluso algunos de los argumentos en contra de la teoría de los vórtices cartesianos hacían uso de esta terminología.

Mi propósito no es detallar a profundidad la teoría dinámica de Newton únicamente quiero resaltar los aspectos de esta teoría que permiten afirmar la influencia que tuvo Descartes en su obra, además, la influencia de este concepto para defender el espacio absoluto.

Quiero destacar que el concepto de fuerza se mantiene como uno de los favoritos del físico inglés. Sin embargo, al igual que Descartes, Newton no es muy claro al momento de explicar sus propios conceptos. Pese a que el concepto de fuerza es fundamental en la dinámica newtoniana, el físico inglés no ofrece una definición precisa de la misma. Como vimos, Descartes (contrario al animismo) sostiene que la materia es inerte. Por el contrario, Newton asume ciertos principios activos asociados a ella lo cual no pudo ser sino gracias a la influencia neoplatónica que tenía y por los adelantos científicos con los que ya contaba.

Como bien expresa Newton en *De ære et æthere*, Hooke ya había probado que el doble o el triple de peso comprime al aire a la mitad o a la tercera parte¹⁸⁵ ante lo cual Newton deduce la existencia de principios activos que puedan actuar a distancia. Lo cual deja entrever que, aunque las fuerzas posiblemente no estén en los cuerpos, por lo menos están asociadas a ellos: Supone Newton:

Hooke probó, mediante experimento, que el doble o triple peso comprime el aire a la mitad o a la tercera parte de su espacio y, de manera inversa, que bajo una mitad, un tercio o incluso una centésima o una milésima parte de ese peso (normal), el aire se expande al doble, al triple, o incluso a cien o mil veces su espacio normal, lo que difícilmente parecería posible, si las partículas de aire estuvieran en contacto mutuo; pero, si por algún principio que actúa a distancia (las partículas) tendieran a separarse mutuamente una de otra, la razón nos persuade de que cuando la distancia entre sus centros es el doble, la fuerza de separación será la mitad; cuando es el triple, la fuerza se reduce a un tercio y así sucesivamente.¹⁸⁶

En esta obra podemos comprobar que Newton se opone a lo que Descartes entiende por cohesión. Él mismo señala que los resultados obtenidos por Hooke apuntan a que las partículas de aire no pueden estar en contacto mutuo y que es necesario suponer algún principio que actuara a distancia. Por esta razón, Newton supone más apropiada una teoría mecanicista dinámica y no cinemática como la sostenía Descartes. Así, no sólo se opone al plenismo cartesiano sino que asume principios activos asociados a la materia que permean en el espacio y permiten la acción a distancia.¹⁸⁷ Así,

¹⁸⁵ Cfr. Newton, *De ære et æthere* en *De Newton y los newtonianos*.

¹⁸⁶ Newton, *De ære et æthere* en *De Newton y los newtonianos*, p. 127. Los paréntesis son de Benítez

¹⁸⁷ Aquí, no estoy tomando "acción a distancia" de forma literal. Simplemente, estoy señalando que Newton, a diferencia de Descartes, considera que para hablar de movimiento de los cuerpos no es necesario que se encuentren en contacto, es decir, que el movimiento no sólo se da en relación a los cuerpos circundantes. Sin

podemos observar la importancia que tienen las fuerzas en la teoría física newtoniana inclusive, en el orden de aparición en su obra *Principios*, tiene un lugar preferencial ante conceptos como movimiento, materia y espacio. Newton señala al principio tres tipos de fuerzas: la fuerza ínsita, impresa y centrífuga.¹⁸⁸

- A) Fuerza impresa: —Esla acción ejercida sobre un cuerpo para cambiar su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo.”
- B) Fuerza ínsita: —La fuerza ínsita de la materia es una capacidad de resistir por la que cualquier cuerpo, por cuanto de él depende, persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo”.¹⁸⁹
- C) La fuerza centrípeta: —E aquella en virtud de la cual los cuerpos son atraídos, empujados, o de algún modo tienden hacia un punto como a un centro.”

Si bien, Newton considera dos factores: que la materia es inerte (siguiendo a Descartes) y que todo movimiento precisa de la aplicación de una fuerza, el físico llega a la conclusión de que dichas fuerzas no son inherentes a la materia. Descartes nunca hubiera aceptado una teoría física que involucrara principios activos en la materia. Recordemos que el único movimiento que se le daba a la materia inerte era dado por Dios en el momento de su creación.

En primera instancia, se observa que Newton no ofrece una definición de lo que es fuerza, únicamente señala los tipos de fuerza que se deben considerar cuando se producen determinados efectos. A continuación contrastaré las definiciones dadas con la postura cartesiana.

Decidí comenzar con la fuerza impresa ya que me parece la más intuitiva. Cuando nosotros empujamos una caja pesada y ésta, gracias a la fuerza aplicada, recorre una determinada distancia. Notamos que deja de moverse en la medida en que suspendemos la aplicación de la fuerza. Este tipo de fuerza apunta a que el movimiento del cuerpo siempre es generado de manera extrínseca, es decir, por la aplicación de las fuerzas de otros cuerpos que entran en contacto directo con él, después de esto podemos decir que el cuerpo ha perdido su estado de reposo o de movimiento rectilíneo.

embargo, como se ha señalado, Newton no asume que el espacio esté completamente vacío. Por tal motivo, no es literalmente una acción a distancia puesto que el espacio está impregnado por fuerzas.

¹⁸⁸ Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, 122-123 pp.

¹⁸⁹ Nótese que este tipo de fuerza ya la encontramos en la filosofía natural cartesiana. Recordemos que Descartes nos habla de la resistencia que ponen algunos cuerpos al encontrarse con otros, lo que él llama *agitación*. Esto nos induce a pensar, como bien lo hace explícito Slowik, que en Descartes se asoma una propuesta dinámica. Cfr. Slowik, *op. cit.* cap. 4.

Probablemente, este tipo de fuerza tenga alguna resonancia cartesiana. Evidentemente, Descartes estaba de acuerdo que todo movimiento de un cuerpo era siempre debido al contacto que tenía con otro, pero la diferencia consiste en que, mientras Descartes atribuye ese movimiento a la transferencia del mismo Newton lo atribuye al involucramiento de las fuerzas activas que se asocian a la materia; marcando ya una clara diferencia entre el mecanicismo y el dinamismo.

El segundo tipo de fuerza es la fuerza ínsita. Nuevamente esta capacidad de resistencia ya la había sido mencionada por Descartes ¿De qué depende la resistencia? Según Newton, la resistencia depende de qué tanto un cuerpo es capaz preservar su estado. Veamos un ejemplo: si quisiéramos aplastar un pedazo de plastilina con nuestra mano lo haríamos con mucha facilidad pero, al intentar hacer la misma operación sustituyendo la plastilina por una roca difícilmente podríamos si quiera inmutarla, aun usando nuestras dos manos. ¿De qué depende este fenómeno? De la resistencia que ponga el cuerpo, en este caso particular la roca ejerce mayor resistencia que un pedazo de plastilina.

Descartes ya había apuntado el término conservación del estado. Me parece pertinente señalar una importante aportación que la filosofía natural cartesiana hace a la física newtoniana y que percibe muy bien Koyré me refiero: al movimiento como un estado:

Mediante el uso de esta expresión Newton señala o afirma que el movimiento no es, como se había creído durante unos dos mil años – desde Aristóteles – un proceso de cambio en contradicción con el *reposo*, el cual es realidad un *estatus*, sino que también es un *estado*, es decir, es algo que no implica más que el reposo. El movimiento y el descanso son, como acabo de decir, colocados por esta palabra en el mismo nivel del ser, y ya no de diferentes [...] Ahora bien, es precisamente porque es un *estado* – al igual que el reposo – que el movimiento es capaz de conservarse a sí y que los cuerpos pueden preservarse en movimiento sin necesitar ninguna fuerza o causa para moverlos, exactamente como ellos mismos persisten cuando están en reposo. Es obvio que los cuerpos no lo podrían hacer [persistir en movimiento] si se considera [al movimiento] como un proceso de cambio.¹⁹⁰

Indudablemente, una de las mejores aportaciones que pudo dejarle Descartes a Newton fue la noción de movimiento como un estado en el cual tanto el movimiento como el reposo tienen el mismo estatuto ontológico. Si el movimiento no fuera un estado entonces tendríamos que admitir que es un proceso totalmente ajeno al reposo. En ese caso, si el movimiento puede preservarse

¹⁹⁰ By using this expression Newton implies or asserts that motion is not, as had been believed for about two thousand years – since Aristotle – a process of change, in contradistinction to *rest*, which is truly a *status*, but is also a *state*, that is, something that no more implies change than does rest. Motion and rest are, as I have just said, placed by this word on the same level of being, and no longer of different ones [...] Now it is precisely and only because it is a *state* – just like rest – that motion is able to conserve itself and that bodies can persevere in motion without needing any force or cause that would move them, exactly as they persist at rest. It is obvious that bodies could not do as long as motion was considered a process of chance. Koyré, A., *Newtonian Studies*, 66-67 pp.

como tal, no habría razón lógica para sostener que el reposo también podría conservarse –siendo que son diferentes - . En cambio, gracias a que Descartes concibió al movimiento y al reposo no como un proceso exclusivo sino como dos caras de la misma moneda que logró formular la ley de la conservación del estado (ya sea en movimiento o en reposo).

Esta ley, contribuyó de manera extraordinaria en la postulación newtoniana de la fuerza ínsita. Gracias a ella, Newton pudo afirmar que así como un cuerpo puede preservarse en reposo puede preservarse en movimiento. El que Newton se haya servido de la ley de la conservación del estado no implica que ambos autores la concibieran de la misma manera. De hecho, como afirma Janiak, pese a que ambos asumieron la ley de inercia, mientras que Descartes atribuía el movimiento del cuerpo en función de sus relaciones espaciales, Newton lo hacía en relación a las relaciones causales.¹⁹¹

Si bien, Descartes afirmaba que un cuerpo ponía resistencia debido a que conservaba su estado esto no implica que el cuerpo tenga una especie de capacidad intrínseca para resistir. Paralelamente, Newton considera que esa capacidad de resistencia depende de las características físicas del cuerpo en movimiento, lo cual deja entrever que esta tesis era inalcanzable para el filósofo francés.

En el capítulo anterior, señalé que uno de los mayores problemas de la filosofía natural cartesiana consistía en la falta de precisión en su marco teórico. Newton pudo sostener esta conservación del estado debido a que contaba con un concepto del cual carecía Descartes: el concepto de masa. Según Newton, la masa corresponde a la cantidad de materia de cada cuerpo y es calculada como el producto de la densidad y el volumen. Resulta claro que si la teoría cartesiana está imposibilitada a llegar a esta precisión de conceptos, mucho menos sería capaz de cuantificarlos. Para Newton es muy importante el papel que juega la masa en la fuerza de inercia.

Probablemente resulte un tanto contra-intuitivo entender cómo hay una fuerza en algo que no se mueve. En efecto, la fuerza de inercia lo que hace es preservar al cuerpo en reposo (o en movimiento rectilíneo) tal parece que se tratara de una contra-fuerza puesto que no se aprecia que el cuerpo se mueva. Lo que hay que tener en cuenta es qué cuerpo es el que se está considerando que tiene fuerza. Cuando hablamos de la fuerza impresa, la fuerza aplicada es siempre externa, por el contrario, cuando hablamos de fuerza ínsita nos referimos a la fuerza que permea en el cuerpo. Mientras que la fuerza impresa trata de alterar al cuerpo la fuerza ínsita trata de resistir a esa alteración.

Por último y no menos importante tenemos a la fuerza centrípeta. Una de las mayores novedades que introdujo Newton fue la de fuerza centrípeta. Previamente, ya había hecho mención

¹⁹¹ Cfr. Janiak, Andrew, *op. cit.* p. 9

que Descartes explicaba el sistema de los vórtices auxiliado de las fuerzas centrífugas. Auxiliado de la fuerza centrífuga, Descartes creía que los cuerpos pesados como los planetas eran llevados a los centros y mantenidos ahí debido a su peso y gracias a lo pesado que eran no podían salirse de la periferia.

Gracias a los estudios realizados por otros físicos (como Galileo y Hooke) Newton pudo establecer la existencia de fuerzas centrípetas. Veamos un ejemplo: tomemos nuevamente en cuenta una cuerda en cuyo extremo atamos una piedra, comenzamos a hacerla girar haciendo que la piedra gire en círculo. Si cortamos el extremo de la soga evidentemente la piedra saldría de esa circunferencia (por la fuerza centrífuga).¹⁹² Empero, lo que mantiene a la piedra girando en círculo es la fuerza centrípeta que tira en cada momento de ella a su centro (nuestra mano).¹⁹³

Si lo quisiéramos ver geoméricamente podríamos determinarlo de la siguiente manera: supongamos que la roca empieza a girar, en ese momento tenemos un punto de partida (a) el cual se conecta con el centro de la honda (b) cuando empezamos a hacerla girar del lugar inicial ocupa otro (c) el cual, también se dirige hacia el centro (b) de esa manera tenemos un triángulo. Pero lo cierto es que esos triángulos – en la medida en que constantemente es atraída la roca a su centro – llegan a un punto en que la distancia entre ellos es tan corta que ya no logran distinguirse, cada momento puede dividirse trazando así la circunferencia en la cual gira la roca. Este constante atraer al centro, puede ser expresado geométrica y matemáticamente. Por tal motivo, no cabe duda de que esta forma de tratar a la filosofía natural, contribuyó en gran medida a la formulación de las fuerzas centrípetas y Descartes, como agrega Butterfield, contribuyó a la formación de estas ideas:

Observamos que el problema de la gravedad no hubiera sido resuelto nunca – nunca hubiera llegado Newton a su síntesis – si no hubiera podido apoyarse, primero, en la geometría analítica de René Descartes y segundo, en el cálculo infinitesimal del propio Newton y de Leibniz. Así, pues, parece como si no sólo las ciencias matemáticas hubiesen realizado progresos notables en el siglo XVII, sino que también en la dinámica y la física las ciencias nos dan la impresión de que estuviesen ejerciendo una presión constante sobre los límites más lejanos de las matemáticas. Sin los adelantos efectuados por los matemáticos, no hubiera sido posible la revolución científica tal y como la conocemos.¹⁹⁴

Traje a colación las fuerzas centrípetas ya que lo importante de ellas es la relación que guardan con las fuerzas centrífugas. Las trayectorias planetarias son descritas por Newton a través de una

¹⁹² Descartes ya tenía una noción de las fuerzas centrípetas, incluso el mismo ejemplo, como se vio en el capítulo anterior, es expuesto en su obra *El mundo o tratado de la luz*. Cfr. Descartes, *El mundo o tratado de la luz*, p. 90.

¹⁹³ Lo importante de esta ley es que logra cumplir las tres leyes de Kepler, lo cual también muestra la influencia de este físico en la obra de Newton.

¹⁹⁴ Butterfield, Herbert, *op. cit.* p. 127.

interacción de dos fuerzas: centrífuga y centrípeta las cuales se contrabalancean permitiendo a los planetas girar en sus órbitas. No cabe duda que Newton superó otro aspecto de la filosofía natural cartesiana. Descartes aseguraba que la Tierra era movida por la materia de los vórtices ya que se ve presionada por el éter que la circunda. Particularmente, Newton no describe la traslación de la Tierra en términos de impulso sino de atracción. ¿Qué implica esto? Implica que no se está hablando de una fuerza que ejerce un cuerpo sino de una actividad recíproca. En efecto, para Newton la atracción (que después formaría la ley de la gravitación universal) requiere necesariamente de dos cuerpos. En el momento en que Newton declara que dos cuerpos son los que se están influyendo mutuamente se puede apreciar que afirma que el movimiento de los cuerpos no sólo es a través del choque con otros cuerpos.

En síntesis, como hemos visto hasta ahora, muchos de los conceptos – ya sean novedad o apropiación de Descartes – expuestos por el filósofo francés fueron utilizados por Newton, en algunos casos para contradecir esos conceptos de la filosofía natural cartesiana y otros para replantearlos.

A continuación, pasaré al tema bajo el cual convergen los conceptos antes descritos: las leyes de la física.

2.2.6. Leyes

Pese a que las leyes newtonianas difieren de las postuladas por el filósofo francés eso no quiere decir que no exista ningún vínculo entre ellas. Debido a que el propósito de mi trabajo no es desarrollar a detalle la dinámica newtoniana, sólo tomaré en consideración las dos primeras leyes. La primera porque expresa la síntesis de la primera y segunda ley de la obra *Los Principios* de Descartes; la segunda porque permitirá entender de mejor manera cómo operan las leyes en la física newtoniana en contraposición con la filosofía natural cartesiana.

La primera ley señala lo siguiente:

*Todo cuerpo persevera en su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser en tanto que sea obligado por fuerzas impresas a cambiar su estado.*¹⁹⁵

Seguramente esta ley nos hace recordar a las dos primeras leyes cartesianas. En efecto, Newton hace una síntesis de la primera y segunda ley de Descartes en su obra *Los Principios* en lo que denomina su primera ley del movimiento.¹⁹⁶ Como se ha visto en el capítulo anterior, Descartes

¹⁹⁵ Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, p. 135.

¹⁹⁶ Cfr. Rioja, Ana y Ordóñez, Javier, *op. cit.* p. 203.

afirma la conservación del movimiento (primera ley) y que todo movimiento se da en línea recta (segunda ley). Si observamos de fondo la primera ley de Newton también hace referencia tanto a la conservación (ya que asegura que todo cuerpo se persevera en su estado de movimiento uniforme o reposo) como a la ley de la conservación del movimiento rectilíneo (menciona que a no verse un cuerpo obligado a cambiar su estado seguirá el movimiento rectilíneo).

Indudablemente, las posturas de ambos físicos diferían por el marco bajo el cual estaban planteadas. Mientras Descartes se apropió de una teoría física de corte mecanicista cinemática, Newton optó por abrazar una teoría física dinámica que implica incluir fuerzas en la misma. Por tanto, aunque las reglas a primera vista no parecen diferir, la explicación que subyace a cada una de las leyes muestra las desemejanzas.

He explicado ya, que una de las desventajas de la filosofía natural cartesiana era su falta de precisión en los términos, lo cual le imposibilitó ofrecer leyes más exactas. Newton considera que la conservación del cuerpo en su estado inercial es proporcional a la masa del mismo. Desafortunadamente, Descartes no pudo calcular ningún tipo de proporcionalidad debido a que no contaba con un concepto matemáticamente exacto en su marco categorial. El concepto más cercano que tenía Descartes sobre masa era el de volumen recordando la influencia de la geometría en el filósofo francés.

Por otra parte, en cuanto a la modificación del estado de un cuerpo en movimiento hay que recordar que mientras Newton lo atribuye a las fuerzas que se imprimen en él, Descartes lo explica a través de la transferencia de movimiento. A mi parecer, Descartes si bien no era partidario de la teoría dinámica establece, como afirma Slowik, las bases de la misma. De igual manera fue la pretensión cartesiana de basar su filosofía natural en principios metafísicos lo que lo llevó a no poder abastecer su teoría física de elementos más precisos. Recordemos que el estudio a través del método cartesiano conlleva al filósofo a asumir una dualidad entre la mente y el cuerpo considerando una visión del universo totalmente opuesta al animismo. Siendo la materia inerte, Descartes se abstuvo de señalar cualquier tipo de fuerzas en ella con el fin de que no se le atribuyera a su filosofía natural ningún elemento de carácter oculto o místico. Por el contrario, Newton no tuvo ningún problema para mostrar esta ley debido a que se situaba en una postura dinámica.

La segunda ley dicta lo siguiente:

El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motriz impresa y ocurre según la línea recta a lo largo de la cual aquella fuerza se imprime.¹⁹⁷

¹⁹⁷ *Ibid.*, p. 136.

No es el propósito de mi estudio desentrañar lo que esta ley señala. Es traída a colación con el fin de señalar las diferencias entre el tipo de ley formulada por Descartes y la que ahora nos presenta aquí Newton. Esta segunda ley es muy conocida ya que se expresa con la máxima fórmula de Newton: $F = ma$. Al respecto, García señala lo siguiente: “Lo verdaderamente importante es notar delicadamente que F o la fuerza posee carácter “universal”; y que, por el contrario, la masa (m) y su aceleración (a) poseen un carácter “individual”. Con el adjunto e imperioso problema de ver cómo se pueden poner en igualdad (=) ambos aspectos”.¹⁹⁸

En efecto, a mi parecer la ley de Newton lleva a cabo el ideal cartesiano: formular una teoría que no tenga límites en sus objetos de estudio, que las mismas leyes postuladas sean aplicables y gobiernen tanto a los cuerpos terrestres como a los celestes; en eso consiste la proeza newtoniana. Es posible pretender que la formulación newtoniana sea una expresión meramente formal pero eso no sucede así. Por ejemplo: la lógica formal sigue ciertas reglas que hace que sus proposiciones sean verdaderas, es decir sabemos que la equivalencia: $p \leftrightarrow q = (p \rightarrow q) \& (q \rightarrow p)$ es verdadera porque obedece a sus propias reglas formales. A simple vista, es más fácil asentir a la equivalencia lógica que a la igualdad expresada por Newton.

Newton, como afirma García, ha logrado poner al mismo nivel la universalidad y las cosas particulares. A diferencia de la equivalencia lógica, la equivalencia newtoniana no hace referencia a estructuras sino a las relaciones de cuerpos reales que tienen una masa, aceleración y que pueden ser probados en la experiencia. La unificación de estos dos ámbitos bajo una ley universal es la gran hazaña del físico Isaac Newton. Las leyes newtonianas no son más que leyes de las fuerzas, Newton nunca especifica qué son pero las describe a través de los efectos que producen, cosa que hará con el espacio absoluto (más adelante lo expondré). Así, a mi parecer, cuando Newton postula estas leyes no sólo da el paso decisivo del mecanicismo al dinamismo sino que abre el camino a la física clásica.

Valdría la pena preguntarse, en primera instancia, qué hace a una ley científica ser lo que es. Sin duda esto haría adentrarnos en todo un debate. Conuerdo con Huggett en que lo que podríamos decir que caracteriza a una ley es su capacidad de describir el mundo de la manera más compacta posible, lo cual Newton hizo a la perfección estableciendo una brecha ante el filósofo francés y ante el mecanicismo cinemático.

¿Cómo lo físicos dicen que algo es una ley y no solamente verdadero?
Considerando las observaciones de los planetas podemos ver que obedecen las leyes del movimiento de Newton. Es evidente que estas leyes son verdaderas sin embargo ¿Cómo se demuestra que deben serlo? Es, sin duda, una pregunta

¹⁹⁸ García, Juan, *op. cit.* p. 96.

profundamente filosófica. Pero podemos decir de hecho, que las verdades que son identificadas como leyes son aquellas que dicen más acerca del mundo de la manera más compacta posible. Por ejemplo las cuatro leyes de Newton (de la primera a la tercera más la ley de la gravedad) forman un sistema compacto que nos permite calcular los movimientos de una gran variedad de cuerpos. Por eso es por lo que pensamos que son leyes. Pero: ¿De dónde se sigue que sólo porque unas palabras digan mucho deben ser verdaderas? Ese es el enigma filosófico.¹⁹⁹

Newton fue capaz de dar una explicación satisfactoria (en la medida en que se corrobora que los cuerpos actúan como lo describen las leyes) a los fenómenos del mundo. Paradójicamente, eso condujo al físico a desapegarse un tanto de la explicación del por qué los fenómenos se comportan de esa manera. La diferencia entre las leyes propuestas por Newton y Descartes consiste en que mientras el primero trataba de responder el cómo el segundo trata de responder el por qué.

En este punto de la exposición hay algunas cosas que todavía faltan por considerar. El eje de mi investigación ha sido el seguimiento del concepto de espacio en ambos autores. Por el momento sólo se han descrito dos aspectos del proceso: la crítica al concepto cartesiano y la definición que él proporciona. Someramente se ha ofrecido una explicación del por qué Newton considera que su concepto es más funcional que el que ofrece Descartes. Sin embargo, el simple hecho de mencionarlo puede dejar un mal sabor de boca. En razón de esto expondré a continuación dos cosas: en primera, basándome en la interpretación de Huggett, por qué una teoría relativista no cumple con los requisitos demandados por una teoría mecánica y en segunda, basándome en el ejemplo del balde de agua, qué razones tiene Newton para defender su postura.

2.2.7. En defensa del espacio absoluto.

Advierto al lector que el argumento que expondré a continuación claramente está basado en el marco de la física newtoniana. Esta es la razón por la cual Descartes no da (y no tendría) que dar respuesta a tal dificultad. Afirma Huggett que, dada la ley de la inercia todo objeto tiene una única aceleración absoluta. Esta aceleración tiene que ser respecto a algo ¿Respecto a qué? Bajo una posición absolutista como la de Newton señalaría que es respecto al espacio absoluto ¿Qué podría decir una postura relacionista? En dado caso, sólo podría referir dicha aceleración a otro cuerpo.

¹⁹⁹ How do physicists tell that something is a law rather than just true? Consider observations of the visible planets; we see that their motions obey Newton's laws. That is evidence that the laws are true, but how does it show that they must be? That's a pretty deep philosophical question, but we can say that as a matter of fact, the truths which are identified as laws are those that say the most about the world in the most compact manner. For instance, Newton's four laws (1-3 plus the law of gravity) form a very compact system, which allows us to calculate the motions of a huge array of bodies. That's why we think they are laws. But why should it follow that because a few words say a great deal they must be true? That's the philosophical puzzle. Hugget, Nick, *Everywhere and Everywhen*, p. 10.

Además, como afirma Huggett, la ley de inercia no puede aplicarse a todos los esquemas relativos. Los sistemas inerciales (que son los que un relacionista puede defender) toman en consideración un punto de referencia arbitrario y en algunos casos tomar un sistema inercial es válido. Supongamos que dos corredores parten del mismo punto, al momento que están corriendo uno comienza a correr más rápidamente dejando al otro atrás hasta llegar a la meta. Como tenemos la meta como punto de referencia sabemos que uno de ellos aceleró su movimiento.

Ahora supongamos que dos hombres suben al mismo tiempo las escaleras eléctricas y que uno los mira desde lejos. Cuando uno de los hombres comienza a subir por su cuenta las escaleras, el hombre que también se encuentra en ellas percibiría un movimiento dado, por el contrario la persona que los mira de lejos pensaría que el hombre se mueve más rápido ya que se suma su velocidad a la de la escalera eléctrica. En este sentido una postura relativista no podría dar una explicación satisfactoria tomando como puntos de referencia arbitrarios los otros cuerpos.

Por ello concluye que el problema de una postura relacionista es que no puede dar cuenta de qué esquemas de referencia son inerciales y cuáles no, señalando adicionalmente que el principio de inercia no puede ser verdadero en todos los esquemas relativos. Newton sobrepasa esta crítica señalando que el espacio absoluto se define como un sistema inercial.²⁰⁰

Empero, tampoco hay que creer que esta teoría absolutista rehúye el tomar puntos de referencia arbitrarios: —El absolutista no niega la existencia de espacios relativos sino que postula un espacio absoluto adicional a él. El papel del espacio absoluto no es proveer un esquema de referencia práctico sino explicar la diferencia entre los movimientos uniformes y acelerados”.²⁰¹

La defensa del espacio absoluto no sólo se da en razón de posturas contemporáneas. Newton en su obra *Principios* ofrece un experimento para argumentar el por qué un espacio absoluto debe ser admitido para probar ciertos efectos. El experimento es el siguiente:

Supongamos un balde con agua sostenido por una soga la cual torcemos hasta que quede rígida. En el momento en que la soltamos podemos observar tres momentos.

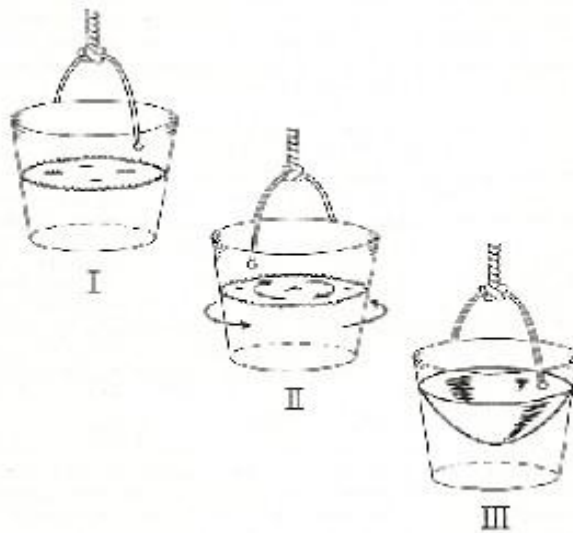
- I. En el primer momento (antes de soltar el balde) ambos permanecen en reposo.
- II. En el segundo momento tanto el balde como el agua que hay en él comienzan a girar.

Debido a la fricción de la cubeta al agua comienza a girar.

- III. Por último, cuando el balde se detiene, el agua forma una curvatura en su superficie.

²⁰⁰ Cfr. Huggett, Nick, *Space from Zeno to Einstein*, p. 133.

²⁰¹ The absolutist does not deny the existence of relative spaces, but rather postulates absolute space in addition to them. The role of absolute space is not to provide a practical frame of reference, but to ground the absolute space distinction between uniform and accelerate motions. Hugget, Nick, *Space from Zeno to Einstein*, p. 133.



A grandes rasgos, lo que pretende mostrar Newton es que no todo fenómeno puede ser explicado en razón de los cuerpos circundantes como lo creía Descartes. Ciertamente, este experimento demuestra uno de los últimos intentos newtonianos en contra de la teoría relacionista cartesiana. Análogamente, Descartes tendría que asumir que, de acuerdo con su teoría, si la cubeta está en movimiento y el agua gira en relación a esta (como sucede en la figura II) entonces no podría haber un momento en que el agua se moviera y la cubeta estuviera en reposo (como la figura III). Si la teoría cartesiana fuera correcta el movimiento del agua dependería del movimiento de los cuerpos circundantes (del balde), del mismo modo que afirma que la Tierra es arrastrada por la materia de los vórtices; pero vemos que el movimiento no sucede en relación a los cuerpos circundantes (de lo contrario, en cuanto el balde se detuviera se detendría el agua) por tanto, no todo movimiento depende de los cuerpos circundantes y por tanto la teoría relacionista es falsa. Dejando ver una clara crítica a la filosofía natural cartesiana Newton declara lo siguiente:

Este conato [la concavidad formada por el agua en III] no depende de la traslación del agua respecto de los cuerpos circundantes y, por tanto, el movimiento circular verdadero no puede definirse por tales traslaciones. Único es el movimiento circular verdadero de cualquier cuerpo que gira, y responde a un conato único como un verdadero y adecuado efecto; los movimientos relativos, en cambio, por las múltiples relaciones externas, son innumerables, pero como las relaciones carecen por completo de efectos verdaderos, a no ser en tanto que participan de aquel único y verdadero movimiento. De donde, incluso en el sistema de los que quieren que nuestro cielo gire bajo el cielo de las

estrellas fijas y arrastre consigo a los planetas, los planetas y cada una de las partes del cielo que reposan relativamente a sus cercanías celestes, se mueven verdaderamente.²⁰²

La concavidad formada por el agua en III es innegable y lo que se debe hacer es buscar un concepto o sistema físico que sea capaz de dar cuenta de él. Newton explica este fenómeno como la fuerza centrífuga actuando sobre el agua. Esta fuerza centrífuga, como apunta Newton, sólo obedece a un movimiento absoluto ya que este movimiento (como lo demostró Newton) no obedece a la correlación que tenía con el balde. Como afirma Nathan: –Newton aparentemente logró establecer que el movimiento rotatorio o circular es absoluto en el sentido de ser independiente de la existencia y/o acción causal de cualesquiera de otros cuerpos”.²⁰³

Newton nunca da una definición de qué es el espacio absoluto, difícilmente podríamos decir qué es lo que está entendiendo por espacio absoluto. Newton podría asumir que es real a través de los efectos que produce, que se debe suponer para explicar los sistemas inerciales o la aceleración absoluta. No podemos tener contacto directo con él pero lo conocemos a través de sus efectos. La crítica a la filosofía natural cartesiana (específicamente al problema del espacio) no fue una crítica directa a la metafísica, fue una crítica a la imposibilidad del movimiento en el concepto de espacio cartesiano lo cual condujo a Newton a rastrear la raíz del problema: la fundamentación metafísica. Hemos visto que durante todo el proceso Newton no debatió la teoría metafísica cartesiana lo que sí consideraba objetable es que la filosofía natural estuviera basada en principios metafísicos. ¿Por qué no hace una crítica a la metafísica? Al respecto, concuerdo con Jammer en su afirmación: –Su meta no era abolir la metafísica sino separarla de la investigación científica”.²⁰⁴

¿Cae o no Newton en una metafísica? En este punto me sería muy ambicioso dar una respuesta definitiva. Lo único que quiero apuntar o preguntar es: ¿se puede separar por completo la ciencia de la filosofía? A mi parecer no, bajo toda postura que se asuma para conocer o explicar los diferentes fenómenos subyace una postura ontológica y, al ser la ciencia una empresa que en su mayoría desea desentrañar las leyes que rigen al universo la conduce a un cierto compromiso con la verdad (sea lo que esta fuere y lo que se considere que es).

Recapitulación

Como hemos visto en este capítulo la crítica de Newton a la filosofía natural cartesiana fue una de las bases que impulsaron su trabajo científico, lo que en la actualidad conocemos como física clásica. Si bien, a lo largo de mi trabajo sólo me he enfocado en exponer las influencias del filósofo

²⁰² Newton, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, p. 132.

²⁰³ Nathan, Elia, *op. cit.* 151-152 pp.

²⁰⁴ Jammer, Max. *Conceptos de Espacio*, Grijalbo, México, 1954, p. 131.

francés cabe destacar que fue un cúmulo de aportaciones científicas (Hooke, Galileo, Kepler, Huygens) a las que Newton debe, en gran parte, el éxito de los resultados obtenidos. Considero que el estudio de la ciencia física expuesto por Newton podemos verlo tanto a un nivel interno (lo que dice la teoría física en sí) como externo (las condiciones teórico-sociales) que la hicieron posible. Por tal razón sólo quiero resaltar – de acuerdo al análisis que hice en este trabajo – brevemente las condiciones que hicieron posible la física clásica bajo estos dos niveles. Posteriormente, señalaré lo que considero fueron las causas de tales diferencias y las consecuencias de la misma.

I. Interno.

En relación a los elementos cartesianos que tuvieron un efecto positivo es decir, que fueron aceptados o replanteados por Newton:

1. La homogeneidad de la materia.
2. La noción de materia inerte.
3. El movimiento y reposo como estados de la materia.
4. Ley de inercia.
5. Ley de fuerza centrífuga.
6. Conservación de la materia.

Por el contrario, las nociones dictadas por la filosofía natural cartesiana que Newton rechazó fueron:

1. La identidad materia-extensión.
2. El plenismo.
3. La teoría de los vórtices.
4. El movimiento como traslación de los cuerpos circundantes.
5. El rechazo de fuerzas o principios activos.

II. Externo

En este apartado quiero exponer las influencias del contexto que facilitaron al autor para escribir su tratado. Posteriormente, señalaré las influencias positivas de Descartes en la construcción de la ciencia.

A niveles socio-políticos tenemos:

1. La consolidación de las instituciones científicas.
2. El desarrollo tecnológico.
3. Amplia difusión de la ciencia.

A niveles teóricos tenemos:

1. La visión de un mundo matemáticamente articulado.
2. La inclinación a explicar el mundo de manera cuantitativa.

III. En cuanto a las posibles causas que hicieron posibles las diferencias entre los dos físicos quiero destacar:

1. Los problemas filosóficos a resolver no eran los mismos (los problemas de Newton fueron en su mayoría físicos).
2. La física cartesiana era más descriptiva mientras que la newtoniana quería dar cuenta de la ubicación de los cuerpos.
3. Mientras Descartes se apegó a una teoría de corte aristotélica Newton abrazó una teoría de corte neoplatónica.

IV. En cuanto a las consecuencias destaco:

1. La separación de la metafísica y la física.
2. La consolidación de la ciencia física.
3. El paso del mecanicismo al dinamismo.
4. El paso de la filosofía natural a la física clásica.

Conclusiones

La presente investigación tuvo como propósito principal hacer un análisis de la filosofía natural newtoniana con el fin de buscar qué elementos condicionaron y posibilitaron tanto su origen como su desarrollo y culminación en lo que llamamos *física clásica*. La hipótesis que sostuve en la misma fue que la crítica realizada por Newton al concepto de espacio resultó ser de vital importancia para la propuesta de filosofía natural newtoniana.

A lo largo de esta tesis se ha mostrado que la versión de leyenda de Newton y su obra, es decir, la versión que encontramos en la mayoría de los libros de texto y en la imaginación popular es una versión incompleta y no permite tener una visión profunda del autor y su obra. Teniendo esto en consideración, presenté un análisis que contemplara los aspectos teóricos, sociales y políticos lo cual nos condujo a entender la propuesta newtoniana como un proceso que comenzó en aras de la filosofía natural y concluyó en una propuesta más rigurosa que es lo que consideramos como física clásica. Por tanto, los conceptos comprendidos – entre ellos el concepto de espacio – en esta propuesta también fueron determinados por este proceso.

Para saber que, en efecto esta crítica fue un detonante importante tuvieron que cumplirse por lo menos las siguientes condiciones:

- I. El concepto de espacio tuvo que ser de suma importancia en la filosofía natural cartesiana.
- II. El concepto cartesiano de espacio tuvo que presentar algunos problemas o dificultades ya sea a niveles teóricos o prácticos.
- III. Newton tuvo que conocer la propuesta y detectar los problemas presentados en ella.
- IV. Una vez conocidos los problemas, Newton tuvo que realizar los primeros esbozos de este concepto, los cuales, deben diferir en cierta medida con la propuesta física cartesiana.
- V. Esta nueva propuesta debió ser significativa y posibilitar una transformación en los otros conceptos. Finalmente, la nueva propuesta newtoniana tiene que responder a los problemas presentados por la filosofía natural cartesiana.

El análisis que realicé en este proyecto nos proporciona las herramientas suficientes para que cada uno de los puntos sea probado. A continuación, enumeraré brevemente las razones que apoyan a cada uno de los puntos, las cuales corresponderán numéricamente a las condiciones señaladas:

- I. Qué mejor relevancia puede tener el concepto de espacio dentro de la filosofía natural cartesiano sino presentándose como su sustento. En efecto, sabemos que Descartes tenía la

intención de fundamentar las ciencias de la naturaleza en la metafísica. Justamente, es esa convicción lo que lo orilló a sustentar que la materia es idéntica al espacio. Según Descartes, si el fundamento que sustenta las ciencias naturales es derivado de la metafísica entonces ese fundamento será la base idónea para la construcción de las ciencias de la naturaleza. Además, hemos visto cómo esta identidad de materia con el espacio orilló al filósofo francés a hacer que tanto sus conceptos como las leyes establecidas fueran compatibles con dicha identidad.

- II. Esta dependencia de la filosofía natural cartesiana al concepto de espacio lo condujo a varias contradicciones e imprecisiones en su propuesta tanto a nivel teórico como práctico. A nivel teórico, tenemos la ambigüedad cartesiana tanto en el propio concepto de espacio (como mencionamos unas veces considerado la extensión del cuerpo – en largo ancho y profundo – y otras veces como el espacio que se encuentra rodeado de cuerpos circundantes) como en el del movimiento (distinguiendo de manera imprecisa entre el movimiento aparente o filosófico), imprecisiones matemáticas en los conceptos de rapidez, agitación etc. A nivel práctico, tenemos algunos fenómenos que la teoría cartesiana, según Newton, no pudo explicar de manera satisfactoria. Por ejemplo, ¿Cómo los cometas no viajan en los vórtices que él describía?
- III. Es un hecho que Newton conocía la propuesta cartesiana. El manuscrito *Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos* es una clara prueba de que Newton tomó con seriedad el trabajo de Descartes, lo analizó y criticó. Newton detectó que la filosofía cartesiana presentaba una serie de inconsistencias, ambigüedades y que no explicaba de forma satisfactoria los fenómenos o que al hacerlo, caía en contradicciones en su propia teoría, v.g. la imposibilidad de localización de los cuerpos y el uso arbitrario de las acepciones cartesianas de movimiento, por mencionar algunas.
- IV. En este manuscrito, hemos visto cómo Newton se separa de la filosofía natural cartesiana desde su primera página. Newton comienza este manuscrito con una serie de definiciones que muestran la génesis de su propia propuesta, las cuales, desde el primer momento exhiben las diferencias existentes entre su propuesta y la filosofía natural de Descartes. La más importante de ellas es que Newton establece una diferencia entre el espacio y el cuerpo, lo cual – por ser una derivación del estudio metafísico cartesiano – sería inaceptable para el filósofo francés. Por otra parte, notamos que Newton, a pesar de terminar sosteniendo una noción metafísica de espacio, decide no derivar su estudio de la metafísica. Por el contrario, opta por una filosofía natural que tenga fundamentos matemáticos.

- V. Definir al espacio como separado de los cuerpos trajo consigo importantes repercusiones a los otros conceptos haciéndolos más precisos. Los conceptos como velocidad, masa, volumen no sólo fueron más exactos sino que establecían relaciones matemáticas que podían ser corroboradas en la experiencia.
- VI. Newton logra dar respuesta a los problemas que la filosofía natural cartesiana había dejado y que habían sido detectados por él. Por ejemplo, la distinción newtoniana entre el espacio y la materia le permitió explicar el movimiento de los cuerpos, definir las trayectorias de los mismos, hacer cálculos de las velocidades o aceleraciones de los cuerpos estableciendo las leyes físicas que conocemos en la actualidad. Además, siendo que Newton no podía asumir una teoría plenista como Descartes, sostuvo que había espacios vacíos, no en sentido estricto ya que las propias influencias que tenía lo condujeron a postular fuerzas o principios activos que permean el espacio lo cual le permitió establecer su teoría dinámica.

Una vez argumentados estos seis puntos podemos concluir en efecto que la crítica realizada por Newton al concepto de espacio cartesiano fue uno de los causantes de la construcción de la física clásica, pasando a su vez de un mecanicismo cinemático a un mecanicismo dinámico.

Por otra parte, considero que las teorías científicas no surgen únicamente por el genio de los científicos, lo cual denominé como el objetivo derivado. En efecto, personalmente creo que hay condicionantes tanto teóricas como contextuales en las teorías científicas.

En relación a las condicionantes teóricas hemos visto que Newton rechazó algunas de las teorías o conceptos formulados por Descartes por considerarlos contradictorios y errados. Entre las teorías podemos destacar el plenismo, los vórtices y la falta de fuerzas en un estudio físico; entre los conceptos, podemos apuntar tanto al concepto de espacio (identificado con la materia) como al de movimiento (como traslación de los cuerpos circundantes).

En este caso, hemos visto que la filosofía natural newtoniana se vio enriquecida de la propuesta cartesiana. Entre las aportaciones de la filosofía natural cartesiana podemos destacar: la homogeneidad de la materia, ya que sin ella, no hubiera podido aplicar leyes universales a niveles tanto terrestres como celestes; el movimiento y reposo como estados de la materia, lo cual le permitió ver que no se necesita más para reposo que para el movimiento y que su vez contribuyó a la afinación del concepto de inercia; la ley de la fuerza centrífuga, la cual, aunada a la innovación newtoniana de la fuerza centrípeta, le permitieron desarrollar la ley de la gravitación universal y la ley de inercia retomada por Newton con su debida inserción en su sistema dinámico.

Ahora bien, entre las condicionantes contextuales podemos reconocer que sus teorías se nutrieron por los avances de su época. Newton en este sentido, se vio beneficiado por factores

político-sociales que le permitieron avanzar considerablemente en sus estudios, ya que como vimos, la difusión de la ciencia no fue tan afortunada en la época de Descartes como lo fue en la del físico inglés. Las conjeturas que señalé en este trabajo es que la física clásica no nació de la nada, para su surgimiento Newton no pudo evitar, en primera, inscribirse en la todavía filosofía natural a tal grado de introducir argumentos en su obra de corte metafísico.

Considero que el análisis mostrado en mi trabajo esclarece algunos puntos sobre los aspectos metafísicos y epistémicos que permearon en la filosofía natural tanto de Newton como de Descartes. Sin embargo, también considero que las conjeturas que se hicieron relacionadas al área de filosofía de la ciencia abren ciertas preguntas que pueden ser abordadas en una futura investigación: ¿Qué impacto tienen los saberes antiguos en la realización de las nuevas teorías científicas? ¿Qué le depara a las ciencias si asumimos que la tradición tiene un peso importante, hay progreso, no lo hay por qué? entre otras.

Obras consultadas

- BABINI, José y PAPP, Desiderio, *Panorama general de Historia de la Ciencia*, Tomo VII, La ciencia del Renacimiento: las ciencias exactas del siglo XVII, Espasa-Calpe, Argentina, 1954.
- BERNAL, John, *La ciencia en la Historia*, UNAM-Patria, México, 2005.
- BENÍTEZ, Laura, *Descartes y el conocimiento del mundo natural*, Porrúa, México, 2004.
- _____, —Comentarios a —“De gravitatione et aequipondio fluidorum” en *De newton y los newtonianos entre Descartes y Berkeley*, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, 2006
- _____, *El espacio y el infinito en la modernidad*, Publicaciones Cruz, México, 2000.
- _____, —“Newton versus Descartes: el problema del movimiento y el espacio o ¿por qué nada puede estar tan lleno como puede estarlo?” en *De Newton y los newtonianos entre Descartes y Berkeley*, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, 2006.
- _____, —“Sobre la noción de materia en el —“De ære et æthere” de Isaac Newton, en *De Newton y los Newtonianos: entre Descartes y Berkeley*, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, 2006.
- BERNARD, Williams, *Descartes: el proyecto de la investigación pura*, trad. Laura Benítez, UNAM, México, 1995.
- BUTTERFIELD, Herbert, *Los orígenes de la ciencia moderna*, trad. L. Castro, Taurus, España, 1971.
- COHEN, Bernard y SMITH, George, *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, United Kingdom, 2004.
- COPLESTON, Frederick, *Historia de la Filosofía*, vol. 4., trad. Juan Carlos García, Ariel, España, 2001.
- COTTINGHAM, John, *Descartes*, trad. Laura Benítez, FFyL-UNAM, México, 1995.
- DAMPIER, William, *Historia de la ciencia y sus relaciones con la filosofía y la religión*, trad. Cecilio Sánchez, España, Tecnos, 1997.
- DESCARTES, René, *Discurso del método*, trad. Risiere Frondizi, Caronte, Argentina, 2004.
- _____, *El mundo o tratado de la luz*, trad. Laura Benítez, UNAM, México, 1986.
- _____, *Los Principios de la Filosofía*, trad. Gregorio Halperín, Losada, Argentina, 1997.
- _____, *Meditaciones metafísicas*, trad. E. López y M. Graña, Gredos, Madrid, 1997.
- DISALLE, Robert, —“Newton’s philosophical analysis of space and time” en *The Cambridge Companion to Newton*, Cambridge University Press, United Kingdom, 2004.
- FUERTES, Alsina y PRÉLAT, Carlos, *El mundo de la mecánica. La faz mecánica de los fenómenos – aplicaciones de la mecánica*, Espasa-Calpe, México, 1951.
- GARCÍA, Juan, *Historia filosófica de la ciencia*, UNAM-Dirección general de publicaciones problemas científicos y filosóficos, México, 1963.

- GÜELL, Vizconde de, *Espacio, relación y posición*, Calpe, Madrid, 1924.
- HUGGETT, Nick, *Everywhere and Everywhen: Adventures in Physics and Philosophy*, University Press, Oxford en:
 <<http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/acprof:oso/9780195379518.001.0001/acprof-9780195379518>>.
- _____, *Space from Zeno to Einstein, Classic Readings with a contemporary commentary*, A Bradford book, Cambridge Massachusetts, 1999.
- JAMMER, Max. *Conceptos de espacio*, trad. Daniel Cazes, Grijalbo, México, 1954.
- JANIAK, Andrew, —Newton's Philosophy” en *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 2004,
- KOYRÉ, Alexandre, *Del mundo cerrado al universo infinito*, Siglo XXI, México, 2008.
- _____, *Newtonian Studies*, Harvard University Press, Cambridge Massachusetts, 1965.
- LARA, Nydia, —Materia, Newton y espacio vacío” en *El concepto de materia*, Colofón, México 1992.
- NATHAN, Elia, —Notas sobre el concepto de espacio absoluto: Newton y Einstein” en *Tercer simposio internacional de Filosofía*, vol. 1, comp. Enrique Villanueva, UNAM, México, 1989.
- NEWTON, Isaac, —Sobre la gravedad y el equilibrio de los fluidos”, en *De Newton y los newtonianos entre Descartes y Berkeley*, trad. Laura Benítez, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, 2006.
- _____, *Principios matemáticos de la filosofía natural*, trad. Eloy Rada, Alianza, Madrid, 1987.
- _____, —De ære et æthere”, trad. Laura Benítez, en *De Newton De Newton y los newtonianos entre Descartes y Berkeley*, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires, 2006.
- RIOJA, Ana y ORDÓÑEZ, Javier, *Teorías del universo*, vol. II, De Galileo a Newton, Síntesis, España, 2007.
- SLOWIK, Edward, *Cartesian Spacetime, Descartes, Physics and the Relational, Theory, of Space and Motion*, Kluwer Academic Publishers, London, 2002.
- TRUEBA, José, *Ciencia: Una historia contada por sus protagonistas*, Aguilar, México, 2004.