



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**LA OBRA DE LOS ERUDITOS  
MEDIEVALES Y SU RELACIÓN CON LA  
REVOLUCIÓN CIENTÍFICA DE LOS  
SIGLOS XVI Y XVII**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**F Í S I C O**

**P R E S E N T A:**

**ABELARDO ALCÁNTARA ORIHUELA**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Dr. JOSÉ LUIS ÁLVAREZ GARCÍA**



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017**



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.

## Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno  
Alcántara  
Orihuela  
Abelardo  
55 39 21 77 77  
Universidad Nacional Autónoma de México  
Facultad de Ciencias  
Física  
303016869
2. Datos del tutor  
Dr.  
José Luis  
Álvarez  
García
3. Datos del sinodal 1  
Fis.  
Claude  
Thions  
Chaudy
4. Datos del sinodal 2  
Dr.  
José Ernesto  
Marquina  
Fábrega
5. Datos del sinodal 3  
Dr.  
Raúl Arturo  
Espejel  
Morales
6. Datos del sinodal 4  
Fis.  
José Ramón  
Hernández  
Balanzar
7. Datos del trabajo escrito  
La obra de los eruditos medievales y su relación con la revolución científica de los siglos XVI y XVII  
150 p  
2017

## Contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	5
CAPÍTULO 2. FILOSOFÍA Y FÍSICA ARISTOTÉLICA .....	9
2.1. FILOSOFÍA ARISTOTÉLICA .....	10
2.2. FÍSICA ARISTOTÉLICA.....	13
2.3. ANOMALÍAS Y SOLUCIONES INMEDIATAS DE LA FÍSICA ARISTOTÉLICA .....	16
2.3.1. Lanzamiento de proyectiles .....	17
2.3.2. Caída con velocidad variable.....	17
2.3.3. Movimiento planetario .....	18
CAPÍTULO 3. DEL MUNDO ANTIGUO A ORIENTE Y EL INICIO DE LAS UNIVERSIDADES .....	21
3.1. MUNDO ANTIGUO.....	21
3.1.1. La Academia de Platón y el Liceo de Aristóteles.....	21
3.1.2. De Atenas a Alejandría.....	22
3.1.3. Crítica alejandrina a las teorías sobre el movimiento celeste.....	24
3.1.4. Ptolomeo y el <i>Almagesto</i> .....	26
3.2. DEL CRISTIANISMO AL ISLAMISMO .....	29
3.2.1. El comienzo del cristianismo y las primeras herejías.....	29
3.2.2. El neoplatonismo .....	31
3.2.3. El Imperio Romano .....	33
3.2.4. La Edad Media en Oriente.....	35
3.3. DE ORIENTE A OCCIDENTE Y EL INICIO DE LAS UNIVERSIDADES .....	40
3.3.1. La época carolingia.....	41
3.3.2. Las catedrales y los monasterios .....	44
3.3.3. Las traducciones .....	45
3.3.4. La escuela de Chartres.....	49
3.3.5. Las <i>universitas</i> .....	51
CAPÍTULO 4. LA ÉPOCA ESCOLÁSTICA Y LOS ERUDITOS MEDIEVALES .....	55
4.1. CIENCIAS DE LA ESCOLÁSTICA .....	57
4.1.1. Una Tierra móvil .....	59
4.1.2. La astrología .....	61
4.1.3. La cosmología medieval.....	62

4.1.4. La alquimia.....	63
4.1.5. La óptica medieval.....	64
4.1.6. Descripción matemática del movimiento .....	66
4.2. LA UNIVERSIDAD DE OXFORD.....	68
4.2.1. Robert Grosseteste.....	68
4.2.1. Roger Bacon .....	70
4.2.2. Los <i>Calculatores</i> .....	73
4.2.3. Thomas Bradwardine.....	74
4.2.4. Dos tipos de movimiento: <i>forma fluens</i> y <i>fluxus formae</i> .....	75
4.3. LA UNIVERSIDAD DE PARÍS.....	77
4.3.1. <i>Impetus</i> .....	78
4.3.2. Jean Buridan .....	80
4.3.3. Nicole Oresme .....	86
4.4. EL ESCOLASTICISMO.....	91
CAPÍTULO 5. LOS PRIMEROS «RENACENTISTAS».....	95
5.1. FÍSICA TERRESTRE PREVIA A GALILEO .....	97
5.1.1. Leonardo da Vinci .....	98
5.1.2. Tartaglia.....	99
5.1.3. Algebristas italianos .....	102
5.1.4. Giambattista Benedetti .....	103
5.1.6. Giordano Bruno .....	106
5.1.7. Francesco Bonamico.....	110
5.1.8. Juan de Celaya.....	111
5.1.9. Domingo de Soto.....	112
5.2. FÍSICA CELESTE PREVIA A LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA DE LOS SIGLOS XVI Y XVII.....	116
5.2.1. Modelo heliocéntrico.....	116
5.3. Nicolás Copérnico .....	122
5.3.1. <i>De Revolutionibus</i> .....	125
5.4. Tycho Brahe y Johannes Kepler.....	130
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....	135
BIBLIOGRAFÍA .....	145

## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

Tanto pensadores originales como los que sólo fueron puente, forman lo que hoy es el edificio del conocimiento. Aristóteles, Ptolomeo, Buridan y Galileo, entre muchos otros filósofos naturales a lo largo de la historia sintetizaron el saber de su tiempo, evidenciando la continuidad del conocimiento. Al mismo tiempo éstos otorgaron aportes propios que son descritos como saltos cualitativos o rupturas que constituyen elementos de genialidad que impulsaron nuevas formas de ver la naturaleza. En particular, en este trabajo consideraremos la obra de los eruditos medievales de los siglos XIII y XIV como antecedente de la revolución científica de los siglos XVI y XVII.

En términos generales, hay dos posturas acerca del conocimiento y la ciencia en la Edad Media. Existe la postura positivista que sustenta como inválido todo conocimiento que se haya generado en esa época, pues —según esta postura— es una etapa de oscurantismo absoluto en la que no existía «el método científico» como tal. En este punto se destaca la herencia que nos dejaron, principalmente, Francis Bacon y Voltaire, quienes popularizaron la idea de una Edad Media en tinieblas y que es a partir de Galileo que iniciamos la adquisición del verdadero conocimiento, fundamentado en el análisis metódico de la experiencia. Todo conocimiento procedente de la Edad Media está basado en la magia, dogmas religiosos, la superstición y básicamente no hay nada rescatable como conocimiento válido, esto es, conocimiento científico.

Por otro lado, tenemos la opinión de Pierre Duhem, quien a finales del siglo XIX, investigando los orígenes de la física, terminó rescatando y explorando gran cantidad de manuscritos de la Edad Media provenientes de diferentes centros intelectuales como las universidades de París y Oxford. Duhem llegó a la conclusión de que las obras de personajes

como Copérnico y Galileo no eran nada más que una reelaboración de los conceptos que yacían en la mente medieval. Dicha época no fue de oscurantismo, como creían todos, sino que fue una época en la que paulatinamente se fueron desarrollando los conceptos que permitieron el renacimiento sistemático de la ciencia moderna. Duhem plantea que los orígenes de la ciencia moderna deben hallarse no en el rechazo del escolasticismo medieval y en el retorno de las antiguas ideas y fuentes por parte de los humanistas del Renacimiento, sino en las enseñanzas de los filósofos naturales medievales y la interacción entre la teología cristiana y la filosofía natural escolástica de las universidades medievales.

Ahora bien, un análisis exhaustivo y desde un punto de vista histórico diacrónico y contextual —que es el que adoptaremos en esta tesis— muestra elementos de continuidad a la vez que de ruptura entre ambas épocas de la historia del conocimiento. En este sentido, el historiador Bernard Cohen señala lo siguiente:

El trabajo del historiador consiste más bien en sumergirse en las obras de los científicos de épocas anteriores y en sumergirse tanto como para llegar a familiarizarse con la atmósfera y con los problemas de dichas épocas, sólo así, y no mediante análisis lógico-filosófico anacrónico alguno, puede el historiador llegar a comprender por completo la naturaleza del pensamiento científico del pasado.<sup>1</sup>

De esa manera, abordaremos aquí los desarrollos intelectuales efectuados por los eruditos medievales de las universidades de Oxford y París durante los siglos XIII y XIV. Para tener un panorama más completo y entender mejor el tema que nos interesa, retrocederemos brevemente al periodo de la fundación de las universidades, con sus antecedentes: las escuelas catedralicias y el periodo de la renovación cultural de la época carolingia.

La tradición de conocimiento de la época clásica, si bien decayó notablemente en el occidente europeo, jamás desapareció por completo. Así que cuando el conocimiento antiguo fue recuperado totalmente por Europa, al menos en sus aspectos esenciales, vía la herencia bizantina y árabe, con todas las adecuaciones y transformaciones que tal transmisión implica, encontró en las recién fundadas universidades que los textos de Galeno, Hipócrates, Euclides, Arquímedes, Ptolomeo y, sobre todo, Aristóteles, se iban a integrar al platonismo que fue preservado y cultivado por los neoplatónicos Plotino, Proclo y Boecio, principalmente.

Ahora bien, el neoplatonismo derivó en dos vertientes: una en el idealismo y misticismo que se transmitió al cristianismo, y otra que consistió en suponer regularidades matemáticas en la naturaleza, hecho que es fundamental para la ciencia. Esta última

---

<sup>1</sup> I. B. Cohen, “La historia y el filósofo de la ciencia”, en F. Suppes (comp.), *La estructura de las teorías científicas*, Editora Nacional, España (1979) p. 389.

tendencia, junto con un renovado interés por los fenómenos naturales, prevaleció en el ambiente de las universidades a partir del siglo XII. En el transcurso de este siglo un verdadero torrente de traducciones llevó al latín una parte significativa de la ciencia griega y árabe. Con la reconquista de los territorios ocupados por los árabes en el sur de España y de Italia, los cristianos Occidentales trasladaron al latín, que se había convertido en el lenguaje universal de la enseñanza en Europa Occidental, el conocimiento guardado por los árabes; hombres de todas las nacionalidades, «convierten la ciencia, la técnica y la filosofía del árabe a un lenguaje largamente ajeno a tales materias»<sup>2</sup>. De este modo, las universidades fueron los medios institucionales, a la par de los monasterios, por los cuales el mundo Occidental organizó, absorbió y expandió el gran volumen del nuevo conocimiento. La lógica, la ciencia y la filosofía de Aristóteles llegaron a ser parte central en los planes de estudio de las universidades. De un modesto inicio, a finales del siglo XII, la influencia de Aristóteles aumentó hasta que en la segunda mitad del siglo XIII sus trabajos de metafísica, cosmología, física, meteorología e historia natural, resultaron temas de estudio obligatorio: «ningún estudiante egresó de la universidad sin estar enraizado en la filosofía natural de Aristóteles»<sup>3</sup>. La lógica, si acaso la única ciencia aristotélica que supo perdurar al paso de los siglos, desde los tiempos antiguos y hasta la llegada de la época escolástica, fue de gran utilidad para los estudiosos que en ella encontraron la estructura argumentativa de sus premisas; no obstante, las matemáticas permanecían todavía intrascendentes en la enseñanza de estas primeras universidades medievales, debido sobre todo a la doctrina aristotélica de no mezclar los géneros de las matemáticas con la filosofía de la naturaleza.

Pero también estaba la tradición neoplatónica, que hemos mencionado, y que junto con el interés que se despertó en la época por el estudio de los fenómenos naturales, lograron que paulatinamente las matemáticas y la física se combinaran en recintos como las universidades de Oxford y París, abonando el terreno para la obra de los pensadores que aparecerán más tarde en los siglos XVI y XVII. Es importante señalar como antecedente de estos centros intelectuales a las escuelas catedralicias, como por ejemplo, la Escuela de Chartres, que se fundó en el año 990, y que alcanzó su mayor esplendor durante el siglo XII teniendo como uno de sus más brillantes exponentes a Bernardo de Chartres.

No pocos escolásticos, tanto de Oxford como de París, relucieron: en Oxford contamos con Robert Grosseteste, Roger Bacon, William de Occam y desde luego los *Calculatores* mertonianos que ahondaron en el estudio del fenómeno del movimiento como Thomas Bradwardine, William Heytesbury, John Dumbleton y Richard Swineshead. En París podemos mencionar a Jean Buridan, Nicole Oresme y Alberto de Sajonia, principalmente.

En estos recintos se desarrolló una intensa actividad empírica y elaborados cálculos matemáticos; sin embargo, todas estas actividades se desarrollaron dentro de la más estricta

---

<sup>2</sup> E. Grant, *Physical sciences in the Middle Ages*, Cambridge University Press (1977) p. 16.

<sup>3</sup> Lindberg, *The Beginning of Western Science*, The University Chicago Press (1992) p. 206.

tradición escolástica. Es decir, eran ejercicios meramente lógicos que no estaban relacionados con ningún fenómeno de la naturaleza.

Es aquí donde radica una de las diferencias cualitativas entre los trabajos de los eruditos medievales y la obra galileana. Mientras que los desarrollos escolásticos se dieron esencialmente como *ejercicios lógicos*<sup>4</sup>, obedeciendo a la doctrina aristotélica de no mezclar los géneros matemáticos y físicos, en la obra de Galileo Galilei queda totalmente establecida la relación entre las teorías matemáticas y el mundo físico, iniciando con ello la construcción definitiva de la relación entre la física y las matemáticas vigente hasta nuestros días.

La física que construyó Galileo fue *contra* la física de Aristóteles. Es por eso que debemos repasar los aspectos fundamentales de esta última para arribar finalmente a la física que se edificó en el Renacimiento. Es también importante destacar que esta lucha en la historia del pensamiento se da en dos frentes: la cosmología<sup>5</sup> y la física del movimiento, a su vez esta última se divide en dos también, la caída de los cuerpos y el lanzamiento de proyectiles, como se hará resaltar a lo largo del presente trabajo.

---

<sup>4</sup> Tal vez los primeros intentos por aplicar las teorías matemáticas al mundo físico se den a través de los trabajos de Oresme sobre el tema del movimiento de la Tierra.

<sup>5</sup> La física aristotélica tiene asociada una cosmología y viceversa; la física galileana-newtoniana tiene su cosmología asociada también; lo mismo ocurre para la física einsteiniana.

## CAPÍTULO 2. FILOSOFÍA Y FÍSICA ARISTOTÉLICA

Ya mencionamos que la física renacentista se construye *contra* la física aristotélica, por lo que es imprescindible mencionar los principales aspectos de esta última, mismos que nos servirán para comprender el marco en el que se desarrollaron los estudiosos de la Edad Media. Recordemos que el peso de la obra aristotélica es tal que sólo a través de su propio *corpus* se le atacará y será a través de sus propias deficiencias que se abrirán paso teorías previas a la ciencia renacentista, como por ejemplo, la teoría de Filopón sobre el movimiento de los cuerpos sin contacto con el motor y la teoría del *impetus*, desarrollada más tarde por el escolástico Buridan<sup>6</sup>. Tal es la importancia de la teoría aristotélica que no fue hasta que se consiguió derribar cada una de sus barreras, que nacerá la nueva física, una física explicada matemáticamente, y aplicable tanto para los objetos celestes como para los terrestres; una física que colocará al movimiento al mismo nivel que el reposo, cada uno de estos, ahora estados posibles de un objeto y capaces de mantenerse por sí mismos indefinidamente. Así, de la misma forma que Aristóteles construyó parte de su visión de la naturaleza contraria a la de su maestro Platón, Galileo se revelará contra Aristóteles.

En la obra aristotélica podemos apreciar una gran síntesis de todo el conocimiento antiguo, en la que tanto tomó elementos de sus contemporáneos como desechó otros, además de todas sus aportaciones originales. Por ejemplo, el hecho de que Aristóteles dividiera el Universo en dos partes totalmente diferenciadas es debido a la predominancia de dos ideas contrarias entre sí provenientes de dos filósofos; uno era Parménides, el cual afirmaba que el cambio en la naturaleza no existía; mientras que otro, Heráclito, decía que nada permanecía igual. Aristóteles propuso que tanto uno como otro estaban en lo cierto, solo que únicamente

---

<sup>6</sup> La teoría del *impetus* es planteada originalmente por Hiparco en el siglo II y continuada por Filopón en el siglo VI.

en una parte del Cosmos específica. La inmutabilidad de Parménides quedó manifiesta en la región supralunar, mientras que el perpetuo ir y devenir de Heráclito corresponde a la región sublunar del Universo.

El caso anteriormente descrito ejemplifica la forma de operar de Aristóteles y como es que amalgamó el conocimiento acumulado de su tiempo en una única teoría coherente. Tal *corpus* se convirtió en el canon de conocimiento de la Antigüedad: abundó en Atenas y después en Alejandría. Con el transcurso del tiempo este *corpus* se enclavó en el mundo musulmán, donde fue conservado y transformado para una utilización más eficaz de sus creencias religiosas, de su filosofía natural y de toda su cosmovisión. En poco menos de medio milenio el nombre de Aristóteles fue llevado de vuelta a Occidente donde fue bien acogido por las emergentes universidades europeas que se dedicaron a redescubrirlo, primero, gracias al legado del Islam y después de las fuentes originales griegas. Tan amplia trayectoria sería comentada durante varios siglos más, hasta que ella misma engendraría, vía sus menoscabos, el *corpus* rival que finalmente la sustituiría definitivamente.

## 2.1. FILOSOFÍA ARISTOTÉLICA

Al abordar la filosofía y doctrina generales de Aristóteles, lo primero que pensamos es acerca del origen de los fenómenos. Pensar en el origen o principio de un fenómeno nos remonta a reflexionar sobre la causa del mismo. Así es como llegamos a la *causa* que para Aristóteles es un término más general que el de causa efectora, como nosotros lo entendemos actualmente<sup>7</sup>. Significa autoría o responsabilidad de algo, razón motivo o acusación. Son cuatro los sentidos que le podemos dar que algo sea causa<sup>8</sup>:

1. Causa material: es aquel constitutivo interno de lo que está hecho algo. Por ejemplo, el bronce respecto a la estatua.
2. Causa formal: es la forma o el modelo que define la esencia. Es el arquetipo, es decir, la razón de que algo sea lo que es, de lo que para algo era su ser. Por ejemplo, la forma de la estatua.
3. Causa eficiente o motriz: es el principio primero de donde proviene el cambio o el reposo. Por ejemplo, el escultor respecto a la estatua y en general es lo que hace cambiar algo respecto de lo cambiado.
4. Causa final: esto es aquello para lo cual algo es. Por ejemplo, la estatua que es hecha para adornar alguna plaza pública.

---

<sup>7</sup> Para una exposición amplia de la filosofía aristotélica se pueden consultar las siguientes obras: Aristóteles, *Física*, Traducción y Notas: G. R. de Echandía, Ed. Gredos, España (1995). Aristóteles, *Física*, Traducción y notas: U. Schmidt Osmanczik, Programa Ed. de la Coordinación de Humanidades, México (2005).

<sup>8</sup> Aristóteles, *Física*, Traducción y Notas: G. R. de Echandía, Ed. Gredos, España (1995) Libro II, Capítulo III, p. 54 y 55.

Serán estas causas las que actualicen lo potencial, manifestándose así el movimiento (enseguida hablaremos de la «teoría de los contrarios» y cómo con base en esta teoría Aristóteles construye la definición de movimiento entre los términos de actualidad y potencialidad). El punto tres es la única causa que está acorde con nuestra visión moderna de causa. Es la causa o el principio primero de donde proviene una transformación.

Las causas aristotélicas son teleológicas<sup>9</sup>, es decir, que están dirigidas a un fin. Aristóteles dice que las cosas que ocurren, tienen la posibilidad de hacerlo o por coincidencia o por un fin, y dado el supuesto de que sucedan siempre por coincidencia o por casualidad es muy improbable, no queda más que decir que ocurren por un fin. Por ejemplo, los objetos por naturaleza van hacia su *lugar natural*, es decir, el lugar natural es *el fin* que posibilita el movimiento.

También, parte de la filosofía que Aristóteles aprendió de los antiguos es la teoría de los contrarios a partir de la que dedujo «que los contrarios son principios de los entes»<sup>10</sup>, además que «es necesario que los principios no provengan unos de otros, ni de otras cosas, sino que de ellos provengan todas las cosas»<sup>11</sup>. Así, todas las cosas que llegan a ser por naturaleza o son contrarias o provienen de los contrarios. Por ejemplo, una de las teorías basada en el principio de los contrarios es la teoría del acto y la potencia de Aristóteles, teoría de la que parte para definir el movimiento, por eso los cuatro tipos de movimiento que hay en la naturaleza —según Aristóteles— están definidos por principios contrarios, como por ejemplo el cambio sustancial que se encuentra entre los términos forma y privación, o el cambio de cualidad que se define entre lo blanco y lo negro (entre otras muchas más cualidades, que vistas por parejas son opuestas). Por eso dirá Aristóteles que el movimiento es «la actualidad de lo potencial, cuando al estar actualizándose opera»<sup>12</sup>, una definición asida en el principio de los contrarios.

El acto es opuesto a la potencia, y para entender la idea de acto —dice Aristóteles— tendremos que conformarnos con analogías como las siguientes. «El acto será el ser que construye, relativamente al que tiene la facultad de construir; el ser despierto, relativamente al que duerme, [...], lo hecho, con relación a lo que no está hecho»<sup>13</sup>, así, con «estos ejemplos, o cualquier otro del mismo género, bastan para probar claramente qué es el acto y cuál es su naturaleza»<sup>14</sup>. En resumen, en el ser, el acto es *lo que ya es* mientras que la potencia es *lo que puede llegar a ser*.

La cosmología aristotélica habla de dos regiones en el Universo, cada una con sus respectivos movimientos y elementos constitutivos. La región celeste o supralunar es una

<sup>9</sup> *Ibid.*, Libro II, Capítulo VIII, “*Naturaleza y finalidad. La causa final como forma*” p. 70.

<sup>10</sup> Aristóteles, *Metafísica*, Traducción de V. G. Yebra, Libro I, Capítulo V, versículo 986b 1-5, p. 8.

<sup>11</sup> Aristóteles, *Física*, Libro I, Capítulo V, versículo 188a 25-30, p. 26.

<sup>12</sup> *Ibid.*, Libro III, Capítulo I, versículo 201a 25-30, p. 81.

<sup>13</sup> *Ibid.*, p. 154.

<sup>14</sup> *Ibidem*.

región ordenada, finita y esférica en la que la Tierra está en el centro del Universo; es una región pura, perfecta y con el único movimiento acorde a su naturaleza eterna: el circular, que es sin principio ni fin. Es una región inmutable, pues todos los días vemos lo mismo en ella. El único elemento constitutivo de dicha región es el *éter*, componente sólido cristalino, puro, inalterable y sin peso del que los planetas, las estrellas, las esferas homocéntricas y todo lo celeste lo contiene<sup>15</sup>. El conjunto de caparazones homocéntricos forman una gigantesca esfera hueca, limitada en su parte exterior por la superficie de la esfera de las estrellas fijas y en la interior por la esfera que mueve el planeta más cercano a la Tierra: la Luna. En medio de estas dos esferas yacen otros seis caparazones homocéntricos encajados uno dentro de otro cubriendo todo el espacio, dando un total de ocho. Que todos los cuerpos celestes estén incrustados en estas esferas concéntricas es lo que les proporciona su movimiento característico de circularidad y uniformidad.

La región terrestre o sublunar es, en principio, lo contrario a la región celeste, por lo que ahí predominará otro tipo de movimientos y habrá otro tipo de sustancias constitutivas. En dicha región encontramos el cambio y la corrupción, el movimiento natural de caída y el violento de los proyectiles, las cuatro sustancias elementales de los que están formados todas las cosas terrenales en una determinada proporción de los mismos. En el caso ideal deberían de estar dispuestos en esferas concéntricas. Cada uno en su propio lugar: primero el fuego, después el aire, seguido por el agua y finalmente la tierra en el centro absoluto. Dos de los elementos —el fuego y el aire— son intrínsecamente ligeros y ascienden por naturaleza; los otros dos —agua y tierra— son intrínsecamente pesados y descienden naturalmente. Los elementos se transmutan continuamente uno en otro debido a la influencia del Sol y los otros cuerpos celestes. Así, por ejemplo, el agua se transforma en aire en el proceso que nosotros conocemos como evaporación; inversamente, el aire puede transformarse en agua para producir la lluvia. También según la cantidad del elemento que predomine en un objeto, determinará su movimiento. Por ejemplo, si predomina el fuego, se moverá verticalmente hacia arriba y si predomina la tierra su movimiento será vertical hacia abajo.

Como último punto sobre los antecedentes de la ciencia antigua tenemos la imposibilidad del vacío. Para Aristóteles el vacío es *el lugar en el que no hay nada*<sup>16</sup>. Una definición matizada por el concepto de *lugar* que no es el espacio tridimensional que nosotros imaginamos. Para Aristóteles el lugar es algo que atrae a los cuerpos según su naturaleza, por lo tanto si existiera el vacío debería de haber cuerpos sin movimientos naturales, algo que nunca observamos, por lo tanto, la existencia del vacío es innecesaria.

Además del vacío externo, Aristóteles niega también el vacío interno en los cuerpos<sup>17</sup>. La existencia del vacío interno en los cuerpos es útil para explicar lo raro y lo denso, en cuyo

---

<sup>15</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 118.

<sup>16</sup> Aristóteles, *Física*, Libro IV, Capítulo VII, versículo 213b 30-35.

<sup>17</sup> Para una exposición amplia de la negación del vacío interno a los cuerpos ver Aristóteles, *Física*, Libro IV, Capítulo IX, p. 144.

caso las cosas se pueden penetrar y comprimir; aceptada esta propiedad de las sustancias abrimos la posibilidad del movimiento en un medio, es decir, que el vacío es necesario para la realización del movimiento. Aristóteles objeta la existencia del vacío interno a los cuerpos *raros*<sup>18</sup>, primero, pensando en un vacío separable y después en uno no separable a tales sustancias. Como no es posible la existencia de un vacío separado, pues nunca se ha visto uno, tampoco lo será la de una multitud de ellos como las sustancias raras, en principio, atestadas de vacíos separados. Ahora, si el vacío de algún modo existe y no es separable de la sustancia rara, Aristóteles tiene dos puntos en contra de tal aseveración; primero, que el vacío no es la causa de todo movimiento, sino sólo del movimiento hacia arriba (pues lo raro es lo ligero) y, segundo, «que el vacío no será causa del movimiento como aquello en lo cual se cumple el movimiento»<sup>19</sup>.

Por todo lo anterior el vacío no es necesario para el movimiento ni tampoco en la naturaleza, por lo tanto no hay vacío ni externa ni internamente en los cuerpos. Si Aristóteles hubiera aceptado la existencia del vacío se habría visto forzado a aceptar el atomismo que rechazó rotundamente<sup>20</sup>. Por lo tanto el vacío no existe de ninguna manera.

## 2.2. FÍSICA ARISTOTÉLICA

Según Beltrán Marí<sup>21</sup>, son principalmente tres los sentidos que le debemos dar a la expresión «física aristotélica»:

- 1) El primer sentido es cuando se hace referencia a la obra de Aristóteles que nosotros conocemos como *Física*, publicada con el nombre de *Fisiké Acroasis*<sup>22</sup>.
- 2) El segundo sentido es cuando hablamos más propiamente de lo que en realidad es la física para Aristóteles y que es un término mucho más amplio que el que concebimos nosotros por física actualmente.<sup>23</sup>
- 3) El tercer sentido es como teoría del movimiento local. Teoría que nosotros descontextualizamos de la obra aristotélica y de la que partimos para descubrir de

<sup>18</sup> Únicamente el aire y el fuego son sustancias raras y estos vacíos hipotéticos e internos son para estas sustancias.

<sup>19</sup> Con esto Aristóteles quiere decir que no es posible que haya movimiento del vacío, dado que en el vacío todas las cosas son inmóviles, entonces también el vacío es inmóvil. Ver Aristóteles, *Física*, Libro IV, Capítulo IX, versículo 217a 1-10, p. 144.

<sup>20</sup> Teoría que suponía una naturaleza compuesta de partículas indivisibles y de vacío

<sup>21</sup> A. Beltrán Marí, *Galileo, Ciencia y Religión*. Ed. Paidós Ibérica, Barcelona (2001) p. 19.

<sup>22</sup> Texto griego establecido por el filósofo escocés David Ross (1936), y como una de las mejores traducciones al castellano por G. R. Echandía de la Ed. Gredos (1995). Ver *Galileo, Ciencia y Religión* de Beltrán Marí. Ed. Paidós Ibérica, Barcelona (2001) p. 20.

<sup>23</sup> La *física* para Aristóteles abarca áreas como la astronomía, la física, la química, la geología, la biología y hasta la psicología. En este sentido la física aristotélica se podría sustituir por el término “filosofía natural”. Ver *Galileo, Ciencia y Religión* de Beltrán Marí. Ed. Paidós Ibérica, Barcelona (2001) p. 27.

donde proviene nuestra actual física clásica que se centra en el cambio de lugar de algún objeto.<sup>24</sup>

Actualmente se le designa física aristotélica a todo un conjunto de recortes<sup>25</sup> que evidentemente se desempeñarán deficientes en muchos aspectos; sin embargo, esta postura ha sido necesaria para el desarrollo de la ciencia física del movimiento como la describimos hoy. Aun así debe quedar claro que Aristóteles, en todo el *corpus* de sus obras, los mismos conceptos que aplicaba para superar las dificultades del movimiento también los aplicaba en la biología, la química o la psicología. Desde ahora cada vez que nos refiramos a la física de Aristóteles será la física del movimiento local que mencionaremos comúnmente como movimiento.

La estructura ordenada de este Universo determina las tres clases de movimientos locales simples: el circular en torno al centro y dos movimientos rectilíneos, hacia el centro y desde el centro. Pero además, los lugares naturales son los que permiten la actualización de los cuerpos en movimiento. Es decir que estos lugares establecen las condiciones de posibilidad del movimiento, pues el movimiento es un proceso transitorio de actualización que se da entre dos términos.

El movimiento local es una de las cuatro categorías que concebía Aristóteles como posibles para hablar de movimiento o cambio en general. Las categorías de movimiento son:

- 1) Sustancial: Forma o privación. Es cuando desaparece una sustancia y da lugar a otra, como por ejemplo, convertir el papel en ceniza.
- 2) Cualidad: Es cuando una cualidad da lugar a otra, por ejemplo, cuando una hoja cambia de color en otoño, o cuando pasamos de niños a adultos.
- 3) Cantidad: Es cuando un objeto va de lo completo a lo incompleto. Por ejemplo, una tiza que se desgasta.
- 4) Desplazamiento (o cambio local): Ir de arriba abajo.

Los demás movimientos serán secundarios o derivados. Según la definición de Aristóteles el movimiento se puede dividir analíticamente en tres<sup>26</sup>:

1. El movimiento es un proceso transitorio entre dos polos o estados que se autoeliminará con su cumplimiento.

---

<sup>24</sup> Tipo de movimiento por excelencia aun para Aristóteles pero que éste no considera de ninguna manera aisladamente. Ver Antonio Beltrán Marí, *Galileo, Ciencia y Religión*. Ed. Paidós Ibérica, Barcelona (2001) p. 44.

<sup>25</sup> Al mencionar recortes entendemos un conjunto de textos que se han descontextualizado de su fuente original para establecer una teoría del movimiento según la física contemporánea.

<sup>26</sup> *Ibid.*, p. 37.

2. El movimiento es obviamente un *cambio* de estado (un proceso), en ningún caso un *estado*. Aristóteles tiene varias definiciones de que una cosa sea «inmóvil»<sup>27</sup> y la tercera inmovilidad de la que habla es la que llamó «estar en reposo» que es lo contrario al movimiento, es privación de movimiento, por lo que *el reposo y el movimiento no están a un mismo nivel ontológico*.
3. El movimiento siempre lo es de un sujeto y el movimiento no es a su vez un sujeto: «no puede haber movimiento del movimiento»<sup>28</sup>. Por eso el movimiento de Aristóteles es inseparable del motor que lo causa. Con esta postura se deja a un lado la posibilidad de estudiar lo que nosotros llamamos velocidad y aceleración. Estos conceptos cinemáticos se ven como consecuencias del motor sobre el móvil, así, hallada la causa, queda explicado todo y ya no es necesario escudriñar más sobre ellas. Además de que el objeto jamás será su propio motor.

Aunque el movimiento para Aristóteles es un término más amplio que el simple cambio de lugar que nosotros entendemos en nuestra física clásica, también tiene deficiencias (ver últimos dos puntos del listado anterior); no obstante, lo que entenderemos como física de Aristóteles será a través del movimiento local.

Esencialmente tenemos dos mundos que les corresponden dos físicas, cada una gobernada por lo «natural». Entendiendo también que lo natural en una región no es lo natural en la otra región, por eso son dos físicas diferentes. Por ejemplo, el movimiento circular y eterno es natural en la región celeste, mientras que en la región terrestre tenemos por natural el movimiento finito en línea recta hacia el centro del Universo.

Ahora bien, los movimientos naturales tienen como causa a los lugares naturales; como hay direcciones preferenciales también hay lugares especiales. El lugar más especial en la física aristotélica es el centro del Universo (un centro implica un Universo limitado). El centro del Universo es el lugar natural del elemento más pesado que es la tierra, el cuerpo con más tierra es el planeta Tierra. Así, Aristóteles nos dice que el centro de Universo y de la Tierra son coincidentes. Es con este argumento que Aristóteles afirma la unicidad de la Tierra en el Universo, pues si hubiera más de una Tierra, éstas irían al centro del Universo (que es su lugar natural), algo que no observamos. La misma idea de lugar natural nos hará pensar forzosamente en un solo Universo, por eso, finalmente hemos de concluir que hay un solo Universo para una sola Tierra.

Todos los movimientos naturales que ocurren en el Universo están relacionados con su centro. O son hacia, o desde, o en torno a él. En la región supralunar existe únicamente el movimiento circular. Para la región sublunar tenemos los otros dos movimientos naturales, correspondientes a los cuerpos graves (vertical hacia abajo) y leves (vertical hacia arriba).

---

<sup>27</sup> Aristóteles, *Física*, Libro V, Capítulo II, versículo 226b 10-15, p. 179.

<sup>28</sup> *Ibid.*, versículo 225b 15, p. p. 463, p. 176.

Sobre la velocidad de caída de los cuerpos Aristóteles dice que cada objeto, una vez que se deja caer, adquiere una velocidad característica que solo depende de su pesantez y del medio en que se desarrolla el movimiento. Parece que a Aristóteles no le agradaba mucho la idea de que el movimiento hacia abajo fuese cada vez más rápido, por lo que dejó una somera explicación en la que solo menciona que «la tierra se mueve más rápidamente cuanto más cerca está del centro, y el fuego cuanto más cerca está de lo más alto»<sup>29</sup>. No dice más, lo acepta porque no le queda de otra, pero hasta a él le incomodaba saber que si la velocidad de un movimiento de caída dependía de la pesantez del cuerpo y de la resistencia del medio, ambas características invariables en toda la caída, ¿cómo es que el movimiento producido es variable? ¿Cómo algo no variable produciría algo variable? Los comentaristas alejandrinos y escolásticos elaborarán explicaciones que, sin salirse de los lineamientos aristotélicos, explicarán el incremento de velocidad del objeto.

Lo opuesto a lo natural es lo violento, por eso Aristóteles reconoce dos tipos de movimiento: el movimiento natural y el violento. Ya hablamos sobre el movimiento natural en ambas regiones del Universo. Ahora, para finalizar, basta decir que el movimiento violento es accidental, por lo que es exclusivo de la región terrestre, es finito en el tiempo y el espacio y es producido cuando se lanza un objeto con la mano o, en general, cualquier otro motor que puede llevar a algún objeto de un lugar a otro.

### 2.3. ANOMALÍAS Y SOLUCIONES INMEDIATAS DE LA FÍSICA ARISTOTÉLICA

La teoría aristotélica del movimiento es sólida en sus principios, pues se basa en nuestras percepciones inmediatas del mundo que nos rodea. Cada una de sus sentencias rápidamente las podemos comprobar con nuestro andar cotidiano; por ejemplo, es innegable el hecho de que los cuerpos graves tiendan a ir al centro de la Tierra; sin embargo, dicha teoría se muestra deficiente en tres puntos principales que comentaremos a continuación.

Los inconvenientes con la teoría aristotélica fueron dos en la región sublunar y uno en la supralunar. En el mundo sublunar estaba el problema del lanzamiento de los cuerpos que continuaban su movimiento sin tener contacto directo con el motor; y el problema de la caída con velocidad creciente, pues no había razón para pensar que si, aparentemente nada variaba, el movimiento era variable. En el mundo supralunar el conflicto se manifestaba en el movimiento errático de los planetas: Si los planetas eran objetos celestes y, por tanto, perfectos por qué tenían una trayectoria que de vez en cuando era regresiva (en bucles), sus velocidades no eran uniformes y además variaba su brillo.

Para el problema del lanzamiento de proyectiles, Aristóteles presentó dos alternativas: una de su autoría y la antiperístasis que es de Platón. En cuanto a la caída acelerada era casi

---

<sup>29</sup> Aristóteles, *Acerca del Cielo*, Libro I, Capítulo VIII, versículo 277a 28-30.

inexistente el problema para Aristóteles, aunque sus comentaristas medievales dieron una doble solución<sup>30</sup> enfocándose en una variación de la resistencia del medio o aplicando al problema de la caída la teoría elaborada para el lanzamiento en la que el medio contribuía a favor del movimiento. Para el movimiento de los planetas, Aristóteles simplemente agregó más esferas o cascarones a las que había propuesto Eudoxo, dándoles un movimiento contrario a los primeros<sup>31</sup>.

### 2.3.1. Lanzamiento de proyectiles

Para el lanzamiento de objetos, la causa de la permanencia del movimiento fue afirmar que el ambiente que rodea al proyectil es la causa, razonamiento que se vierte en dos líneas: la explicación originaria de Aristóteles es que lo que es movido a su vez mueve, como un conjunto de capas de aire que se transmiten movimiento mutuamente hasta que la penúltima capa solo comunicaría movimiento pero no capacidad de mover (teoría de las capas de aire)<sup>32</sup>.

La segunda explicación es la de la antiperístasis, originaria de Platón y que no agradó a Aristóteles, pues habla de ella como la que «suponen algunos»<sup>33</sup>. Antiperístasis significa *reemplazo* o sustitución mutua y es el movimiento que ocurre cuando el aire que se encuentra delante del proyectil se desplaza a la parte trasera del mismo llenando lo que podría quedar vacío transmitiéndole movimiento al proyectil<sup>34</sup>.

Las dos resoluciones traen consigo la misma contradicción. Evidentemente el aire más que ofrecer apoyo se resiste al movimiento; pero razonando aristotélicamente consideramos que no hay ningún ente interno al cuerpo con la facultad de mantener el movimiento (pues es un movimiento violento no natural), por lo que no queda más que aceptar que el medio mantiene el movimiento. Cualquier otra teoría invalidaría el principio de causalidad que exige el contacto directo del motor con el móvil. Aquí aparece una de las contradicciones más fuertes en la física aristotélica, pues el medio es, al mismo tiempo, resistencia y motor.

### 2.3.2. Caída con velocidad variable

Para explicar la caída acelerada Aristóteles no dijo más de lo que ya citamos en su obra *Acerca del Cielo*; sin embargo, se desprenderán dos posturas que intentarán explicar dicho movimiento. Como la caída, según Aristóteles, sólo depende de la pesantez y del medio, unos dirán que el medio es el que da un mayor impulso que, sumado al movimiento natural, incrementarán la velocidad, aplicando las teorías para el lanzamiento de objetos (los

<sup>30</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, España (1985) p. 25.

<sup>31</sup> Aristóteles, *Metafísica*, Libro XII, Capítulo VIII.

<sup>32</sup> A. Beltrán Mari, *Galileo, Ciencia y Religión*. Ed. Paidós Ibérica, Barcelona (2001) p. 53.

<sup>33</sup> Aristóteles, *Física*, Libro IV, Capítulo VIII, versículo 215a 15, p. 139.

<sup>34</sup> *Ibid.*, Libro VIII, Capítulo X, p. 319.

aristotélicos) a los cuerpos en caída; otros dirán que la pesantez del objeto se incrementa, es decir que el objeto se mueve primero por la pesantez natural y después por estos incrementos de pesantez (partidarios del *impetus*). Las dos posturas son aristotélicas, pero la segunda dará un avance favorable al proponer que el factor determinante es interno al cuerpo y no externo.

### 2.3.3. Movimiento planetario

La idea original del sistema de esferas homocéntricas contaba únicamente con ocho, pero al momento de someterlo a prueba la cantidad de esferas tuvo que incrementarse. Eudoxo fue el primero en proponer dicho modelo contemplando un total de 26 esferas. Su discípulo Callipo mejoró el modelo agregando siete esferas más, resultando en 33 esferas, y finalmente Aristóteles agregó 22 (dando un total de 55 esferas) que girasen en sentido contrario para dar el efecto de la retrogradación planetaria<sup>35</sup>. Será en la totalidad de las traslaciones con las que se obtendrá la apariencia de los cielos.

Este sistema de esferas incrustadas una dentro de otra es comparable al engranaje de un reloj donde el movimiento de una esfera altera a las más próximas. En cuanto al número de exacto de esferas utilizadas es incierto. El mismo Aristóteles deja a *otros más hábiles la demostración*<sup>36</sup> del número exacto. El Estagirita no invierte más energía en mostrar cuántas esferas son exactamente porque no es necesario para su cosmovisión, su teoría no exige saber el número de esferas sino mostrar de qué manera sigue los ideales platónicos que afirman la esfericidad y el movimiento uniforme. El modelo expuesto es suficiente para ellos.

Este modelo resuelve dos de los tres problemas del movimiento planetario: el movimiento retrogrado y la velocidad variable, pero no dice nada sobre la variabilidad en el brillo, por eso más adelante, con base en los trabajos de Apolonio e Hiparco, Ptolomeo elaborará su obra llamada *Sintaxis Matemática (Almagesto)*, que resolvió este cambio de brillo. Ptolomeo asoció el cambio en el brillo con la distancia del planeta a la Tierra de modo que un brillo más intenso significa que el planeta está más cerca de la Tierra. Ptolomeo, como todos los astrónomos antiguos, no hizo más que seguir la misma lógica establecida por Platón en la que el movimiento de los cielos se debe dar en círculos a velocidad constante y en torno a la Tierra; postulados innegables de la naturaleza del cielo.

Aunque Aristóteles utilizaba los mismos conceptos para diversas áreas del saber, curiosamente también hizo diferencias inquebrantables vía sus categorías tan comunes que por cierto tomaron siglos destruir. Él decía «no hay que confundir la geometría con la física ya que el físico razona sobre lo real (cualitativo); el geómetra sólo se ocupa de abstracciones»<sup>37</sup>. Así, Aristóteles configuró un conjunto de axiomas inviolables trayendo

<sup>35</sup> Si se desea ver a detalle la discusión de Aristóteles, ver *Metafísica*, Libro XII, Capítulo VIII, versículos 1073b 15-1074a 15.

<sup>36</sup> Aristóteles, *Metafísica*, Libro XII, Capítulo VIII, versículo 1074a 15.

<sup>37</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, España (1985) p. 14.

consecuentemente situaciones como que él jamás pondrá un cuerpo real en un espacio geométrico, ni colocará a la Tierra en un lugar incorruptible como el cielo (ver a la Tierra como un cuerpo celestial), ni asignará nada de lo que hay en el cielo como característica de algo terrenal (colocar lo celestial a nuestro nivel terrenal); también afirmará que sólo hay dos movimientos posibles: el natural y el violento, y éstos jamás se combinarán; el proyectil jamás será su propio motor, de la misma manera que el aire no será jamás un objeto. El movimiento y el reposo no tienen un mismo nivel ontológico, lo que significa que un objeto no puede estar simultáneamente en movimiento o en reposo (como lo permite la mecánica inercial). La física aristotélica es incompatible con la permanencia del movimiento, ya que dicha permanencia requiere un espacio vacío e infinito; es una física de los lugares naturales que abren la posibilidad al movimiento, lugares que implican la inexistencia del vacío impidiendo la permanencia indefinida del movimiento en línea recta.

Una de las consecuencias de todo lo anterior es que no es posible matematizar la física en esta temprana época de la historia científica, este logro quedará reservado para Galileo. Como señala Koyré, será hasta la *geometrización del espacio y la disolución del Cosmos*<sup>38</sup> que tendrá victoria la invención del principio de conservación de movimiento (la geometrización del espacio significa considerarlo infinito en extensión, mientras que disolución del Cosmos significa dejar a un lado la idea de que todo movimiento proviene de otro movimiento y que los acontecimientos terrestres son consecuencia de los movimientos celestes). El movimiento, según Aristóteles, no es un estado, sino un proceso, un devenir en el cual y mediante el cual se constituyen, se actualizan, se realizan los seres. Hay dos estados que son estáticos; uno es el reposo alcanzado por el ser plenamente realizado, y el otro es «la inmovilidad pesante e impotente de un ser incapaz de moverse; el primero es acto, el segundo no es sino privación. Por ello el movimiento (o proceso, devenir o cambio) se encuentra ontológicamente situado entre los dos»<sup>39</sup> y de ninguna manera del mismo nivel a alguno de estos dos tipos de reposo extremos en los que Aristóteles define el movimiento.

La física aristotélica presenta algunas incongruencias; por ejemplo, ver al aire como motor y freno; o en el caso del movimiento<sup>40</sup>, decir que el movimiento terrestre es finito en el tiempo y el espacio aunque, para la totalidad del Cosmos, un fenómeno necesariamente eterno (pues todo movimiento necesariamente proviene de otro movimiento, lo que implica una serie infinita de causas anteriores); entre otras muchas inconsistencias por donde se abrió paso la eternidad del movimiento, al mismo tiempo que se diluyeron ambas regiones del Universo.

El aristotélico presupone un conjunto de leyes que rigen el comportamiento natural que percibimos por nuestros sentidos, por eso a menudo se dice de Aristóteles que es el filósofo

---

<sup>38</sup> *Ibid.*, p. 5.

<sup>39</sup> *Ibid.*, p. 11.

<sup>40</sup> *Ibid.*, p. 10. Resolver esta contradicción es lo que Koyré denomina dilución del Cosmos.

del sentido común; nos habla del mundo tal y como lo percibimos. La física aristotélica es una física de cualidades, imposible de matematizar sin que al mismo tiempo cambiemos su esencia; sin embargo, la teoría aristotélica fue digna de todo respeto por parte de todos los científicos de todos los tiempos, pues será bajo los lineamientos establecidos por el mismo Aristóteles que se le atacó; él dijo que con *quien niega los principios de la física, no se puede hablar de física*<sup>41</sup>, por eso fue en un contexto aristotélico donde descubrimos los antecedentes del principio de inercia, primero con las explicaciones sobre el lanzamiento de objetos que van desde la antiperístasis, y continuaran con las de Hiparco y después Filopón de Alejandría quienes hablarán de una *virtud impresa*. Posteriormente Buridan y Oresme llevaran adelante la teoría del *impetus* como una virtud impresa y que, en principio, no se consume por sí misma, sino sólo a causa de la resistencia del medio y la tendencia natural del cuerpo a dirigirse a su lugar natural. Esta atmósfera escolástica, aunque pareciera ser novedosa en varios puntos, no deja de ser un tipo más de física aristotélica, pues sigue el mismo principio de Aristóteles que dice que «todo lo que está en movimiento es movido por algo», Marí nos dice que<sup>42</sup> deshacernos de esta visión es ir a la siguiente etapa de la mecánica (refiriéndonos a la mecánica clásica o inercial), lo que tomará algunos cientos de años.

---

<sup>41</sup> A. Beltrán Marí, *Galileo, Ciencia y Religión*. Ed. Paidós Ibérica, Barcelona (2001) p. 31.

<sup>42</sup> *Ibid.*, p. 54.

## CAPÍTULO 3. DEL MUNDO ANTIGUO A ORIENTE Y EL INICIO DE LAS UNIVERSIDADES

### 3.1. MUNDO ANTIGUO

#### 3.1.1. La Academia de Platón y el Liceo de Aristóteles

De la Antigüedad podemos destacar a dos importantes instituciones: la Academia de Platón y el Liceo de Aristóteles, ambos recintos celosos del conocimiento de toda índole y también por la captación de los hombres más ilustres de la época, razón por la que se produjeron gran cantidad de escritos de todos los temas posibles.

Aristóteles elaboró dos tipos diferentes de escritos<sup>43</sup>: los escritos *exotéricos* que corresponden al tiempo que perteneció a la Academia, y los escritos *esotéricos* que elaboró en el Liceo. Sus obras *exotéricas* fueron destinadas a toda clase de oyentes, por lo que eran de un nivel menos especializado, además de poseer una clara tendencia platónica en contenido y forma. En cambio, sus obras *esotéricas* —contrariamente a las primeras— estaban destinadas a un grupo más reducido: el de sus discípulos, y por ende con un nivel de especialización superior, además de poseer una orientación natural y de observación empírica características del aristotelismo. En el siglo I d. C. Andrónico de Rodas fue quien redescubrió y realizó la primera edición de toda la obra aristotélica en un esquema que corresponde muy aproximadamente al orden actual. Él es a quien debemos la división de los escritos entre exotéricos y esotéricos, y también la división del catálogo de la obra aristotélica entre *Física* y *Metafísica*.

---

<sup>43</sup> A. Beltrán Marí, *Galileo, Ciencia y Religión*. Ed. Paidós Ibérica, Barcelona (2001) p. 24.

Es importante señalar desde ahora que, entre los muchos filósofos de la Antigüedad clásica, Platón y Aristóteles ejercieron una influencia más amplia y más profunda que todos los demás; esto es debido a la coherencia y grandeza implícitas de sus obras y el que se hayan conservado sus escritos.

Al terminar el periodo de esplendor de la ciencia griega, tanto de Atenas como de Alejandría, los textos que la contenían en su mayor parte (incluyendo los de otros personajes como Euclides, Hiparco, Apolonio, Arquímedes, Ptolomeo, Galeno e Hipócrates) pasaron a Oriente.

El triunfo del cristianismo significó que, a partir del siglo IV en el Occidente y hasta el ascenso del islamismo en el siglo VII en el Oriente, toda la vida intelectual, incluyendo la ciencia, se vino a expresar ineludiblemente en función de los dogmas cristianos, y con el transcurso del tiempo, acabó por quedar limitada a los eclesiásticos. Entre los siglos IV y VII, en el territorio ocupado por el desaparecido Imperio Romano, la historia del pensamiento se volvió la historia del pensamiento cristiano. Por ejemplo, la lucha contra el paganismo marcó el rumbo del pensamiento en esos tiempos y fue a principios del siglo VI que el Liceo y la Academia fueron cerrados por el emperador Justiniano, dos años después de iniciado su reinado. En el *Codex Iustinianus* encontramos las nuevas leyes que debían acatar los maestros de esa sociedad recientemente cristianizada, ahora ya no podían enseñar, pues eran paganos, tenían que instruirse en la religión cristiana bajo la pena de confiscación de bienes, además, si persistían en su paganismo, sus hijos no podrían aspirar a ocupar algún cargo público. Sobre la dominación de la Iglesia Cristiana en la Europa medieval volveremos a hablar más adelante. Sólo nos resta mencionar el hecho, aparentemente paradójico, de que la religión cristiana que le dio muerte a las escuelas más importantes de la Antigüedad será la misma institución que le dará vida a las universidades medievales.

### 3.1.2. De Atenas a Alejandría

Sabemos que la prosperidad del conocimiento siempre ha ido de la mano con la riqueza material de un imperio. Podemos ver que un imperio exitoso es consecuencia de avances en diversas áreas como la económica, la militar, la religiosa y desde luego el área que comprende el conocimiento natural. Este fenómeno social se deja ver también en la Antigüedad, pues tras la fundación de Alejandría en el año 331 a. C. por Alejandro Magno, inicia el despegue de lo que fue el gran imperio alejandrino que dio a luz a personajes tan importantes como Euclides, Eratóstenes, Arquímedes, Apolonio, Ptolomeo e Hiparco.

Desde la edad de trece años y durante tres años Alejandro recibió la educación del gran Aristóteles. Gracias a este contacto, el futuro emperador adquirió un gusto por el conocimiento ateniense que lo llevó a perfilar a Alejandría —desde el principio— como una gran ciudad y en contacto con todo ese legado. Lamentablemente, Alejandro no pudo ver el alcance de su imperio, pues murió ocho años después de la fundación de aquel puerto, que tras su muerte fue dividido en dos, sin que esto afectara su progreso. El general Seleuco se

hizo cargo de la parte septentrional, mientras que los territorios egipcios quedaron bajo el control de la dinastía ptolomeica (306 a. C. al 30 a. C.), que también apreciaba el saber heleno. Estos gobernantes construyeron, promovieron y constantemente embellecieron el Museo y la Biblioteca.

El Museo fue un recinto que perteneció a la Biblioteca, un templo dedicado a las musas griegas. La Biblioteca contaba con 700 mil volúmenes (o 500 mil, según distintas apreciaciones) que ascendió a 900 mil cuando Marco Antonio regaló 200 mil piezas traídas desde Pérgamo. Entre los autores de dichas obras nos encontramos a personajes como Sófocles, Galeno y Aristóteles. En el Museo se alojaban artistas e intelectuales, principalmente de tres culturas: Egipto, Persia y el mundo helénico, haciendo de este recinto un centro de estudios donde los asistentes compartían sus conocimientos. En esta tierra alejandrina, Euclides escribió su obra los *Elementos* de la que se han hecho un millar de ediciones, lo que quizá lo convierta en el libro más reeditado en el mundo después de la *Biblia*<sup>44</sup>. Un efecto de la obra euclidiana ocurrió cuando los alejandrinos —a diferencia de los atenienses— empezaron a tratar las matemáticas como un tema absolutamente distinto de la filosofía<sup>45</sup>. Otro de los grandes personajes alejandrinos fue Arquímedes cuyo legado recae sobre todo en la introducción de las matemáticas y la experimentación<sup>46</sup> como herramientas para el estudio de la naturaleza. De él es el principio de flotación, la elaboración del tornillo para elevar materia granulada, escritos sobre la esfera, el cilindro, la cuadratura de la parábola, etc. Arquímedes siempre estuvo más preocupado por cuestionamientos de carácter práctico que de los problemas abstractos o metodológicos, de fundamentación matemática o sobre la estructura cosmológica del Universo. También, entre los alejandrinos hemos de mencionar a Eratóstenes, quien calculó el valor de la circunferencia terrestre con un error mínimo (alejado sólo un 5%<sup>47</sup>).

Al otro lado del mar Mediterráneo nos encontramos a Pérgamo, ciudad que también poseía una gran biblioteca y que vio nacer a Apolonio, quien estudió las secciones cónicas en su libro *Las Cónicas*. Cerca de estas tierras pero en Nicea, contamos con Hiparco que para algunos es considerado el más grande astrónomo observacional de la Antigüedad, mismo que inventó la mayoría de los instrumentos utilizados por los astrónomos hasta el siglo XVI, además de compilar un catálogo estelar sin igual. También fue el primero que dividió el día en 24 lapsos de igual duración y se le atribuye el descubrimiento de la precesión de los

---

<sup>44</sup> P. Watson, *Ideas. Historial Intelectual de la Humanidad*, Ed. Crítica, España (2006) p. 287.

<sup>45</sup> *Ibid.*, p. 284.

<sup>46</sup> Tal es el peso del legado arquimediano, que el historiador Koyré divide el pensamiento científico (físico), de la Antigüedad al Renacimiento, en tres tiempos. Tenemos la física aristotélica, la física del *impetus* y la física arquimediana (que también se le puede llamar física experimental, matemática o galileana). Cf. A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, España (1985) p. 6.

<sup>47</sup> Para una discusión completa acerca de la medición del diámetro terrestre ver T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 348.

equinoccios de primavera y otoño. Apolonio ideó los epiciclos mayores y las excéntricas con centro móvil.

Hiparco adoptó los aportes geométricos de Apolonio y además ideó nuevos diseños y combinaciones, tales como los epiciclos menores y las excéntricas de centro fijo. Tanto Apolonio como Hiparco sustituyeron las esferas homocéntricas de Eudoxo y Callipo por el sistema de epiciclos y deferentes<sup>48</sup> unos trescientos años antes que Claudio Ptolomeo los volviera famosos en su obra maestra el *Almagesto*, dando fin a la tradición matemática helénica alejandrina.

En términos generales el modelo de epiciclos y deferentes planteado por Apolonio e Hiparco consistió de un pequeño círculo (el epiciclo), que gira con movimiento uniforme alrededor de un punto situado sobre la circunferencia de un segundo círculo en rotación, el deferente. El planeta está situado alrededor sobre el epiciclo, y el centro del deferente coincide con el centro de la Tierra. La excéntrica es un dispositivo que correspondió a un deferente cuyo centro se encuentra desplazado respecto al de la Tierra.

Es importante destacar que Hiparco fue un sobresaliente matemático, por lo que se inscribe dentro de la línea trazada por Eudoxo y no por la de Aristóteles que estuvo más afanado en el sentido físico y real de la naturaleza<sup>49</sup>. Esto se vuelve evidente cuando reparamos en que su modelo es una especie de mecanismo geométrico matemático cuya preocupación central es la de dar cuenta de los fenómenos aparentes de los astros, y por medio de una extrapolación matemática, lograr predicciones eficaces de los asuntos astronómicos de mayor relevancia, en función de las fechas religiosas, el ajuste del calendario, la agricultura y la navegación. No le interesa a Hiparco, por tanto, afirmar la existencia física de los epiciclos, deferentes y excéntricas, tal y como creemos que sí lo hubiera hecho Aristóteles. En otras palabras, Hiparco, y más adelante Ptolomeo, coronarán la tradición instrumentalista de esta etapa del desarrollo astronómico, iniciada, como ya lo dijimos anteriormente, por Eudoxo.

### 3.1.3. Crítica alejandrina a las teorías sobre el movimiento celeste

Aunque una Tierra inmóvil siempre fue la idea dominante durante toda la Antigüedad, también es cierto que no fue la única postura. Por ejemplo, los pitagóricos (siglo VI a. C.) dijeron que la Tierra se movía alrededor de un fuego central, o, por otro lado, Aristarco de Samos dijo que la Tierra giraba alrededor del Sol; sin embargo, estas ideas sobre un Cosmos

---

<sup>48</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 94.

<sup>49</sup> Aristóteles le dio una reinterpretación al modelo eudoxiano desde una perspectiva física, lo cual para él significaba despojarlo de su estatus matemático, o sea, abstracto ideal, y darle una connotación realista. Su solución fue agregar más esferas a las ya propuestas por Eudoxo y Callipo (de 26 y 33 a un total de 55).

*no* geocéntrico nunca fueron contempladas como serias afirmaciones. Para los alejandrinos un problema más inquietante fue la variación de brillo de los planetas, que no tenía explicación aristotélica. También existía el problema en la precesión de los equinoccios, en los que los antiguos observaron que el tiempo empleado por el Sol para recorrer los 180 grados del equinoccio de primavera al de otoño es menor que el tiempo de traslado que cubre los otros 180 grados del equinoccio de otoño al de primavera. Este hecho sugiere que, o bien el movimiento de las órbitas no es circular, o el tiempo de recorrido de las órbitas no es uniforme. No obstante, a este razonamiento no fue al que llegaron los astrónomos alejandrinos. Por el contrario, su cuestionamiento básico fue, qué clase de combinación de movimientos circulares y uniformes pueden dar cuenta de los fenómenos aparentes de los astros.

Recordemos que la cosmología helena y alejandrina, únicamente se concretaron en ajustar el fenómeno natural al pensamiento racional siguiendo los estándares antiguos de circularidad y regularidad establecidos por Platón para el movimiento de los cuerpos celestes. No se trataba de deducir hipótesis, sino validarlas recurriendo a artificios matemáticos para no modificarlas, ya que una hipótesis bien construida, desde el punto de vista lógico, debía ser forzosamente correcta. Es con este tipo de razonamiento que los alejandrinos respaldaron la construcción del sistema epiciclo-deferente; sistema geocéntrico del Universo que consta *de círculos sobre círculos girando a ritmos constantes*. En principio, tenemos dos órbitas circulares: la primera —el epiciclo— es la órbita de los planetas cuyo centro se encuentra afirmado en un segundo círculo en rotación —el deferente— cuyo centro coincide con el centro de la Tierra. Por así decirlo, *el planeta va girando conforme va girando*. La combinación de estos dos movimientos permitió explicar el movimiento de retrogradación de los planetas sin tener que prescindir de los postulados platónicos. Este sistema cosmológico tiene un gran alcance geométrico, pues variando la velocidad de giro del epiciclo y el deferente conseguimos combinaciones adecuadas para producir, círculos, elipses, curvas de cualquier número de rizos, y también curvas tipo rosetones. Con todas estas combinaciones podemos hacer coincidir el punto más cercano a la Tierra con su movimiento retrogrado (que es cuando presenta mayor brillo). Por ejemplo, para Mercurio fueron necesarios tres rizos por cada periodo del deferente, mientras que para Saturno, veintiocho.

Para la precesión de los equinoccios Hiparco utiliza un deferente y sobre éste un epiciclo de modo tal que la órbita resultante queda fuera del centro de la Tierra haciendo que desde ésta se vea que el Sol emplea más tiempo para recorrer un arco que otro de los dos que componen la órbita anual. Otra alternativa geoméricamente equivalente, aunque no la preferida por Hiparco, fue utilizar la llamada excéntrica móvil que consiste en una excéntrica

sobre la cual gira el Sol y cuyo centro se encuentra en un deferente que gira alrededor de la Tierra<sup>50</sup>.

#### 3.1.4. Ptolomeo y el *Almagesto*

Cuando se comparó el movimiento predicho por un sistema compuesto por un solo epiciclo y un solo deferente con el movimiento observado de un determinado planeta, se hace patente el hecho de que éste no siempre ocupó sobre la eclíptica las posiciones teóricas previstas por la geometría del modelo. Así pues, el sistema de un solo epiciclo asociado a un solo deferente no puede ser la respuesta definitiva al problema de los movimientos planetarios. Se trató simplemente de un primer estadio que se abrió sobre una perspectiva de desarrollo a corto y largo plazo y que prometió una fecunda tradición de investigación. Durante todo el lapso de tiempo que hay entre Hiparco y Copérnico, todos los astrónomos técnicos más creativos se esforzaron por inventar un nuevo conjunto de dispositivos geométricos menores que convirtieran el esquema epiciclo-deferente en una base que se pudiera amoldar a los movimientos de los planetas.

La más importante de estas modificaciones realizadas en la Antigüedad fue llevada a cabo por Ptolomeo (100-178) alrededor del año 150. Generalmente se designa con el término de “astronomía ptolomeica” a toda esta serie de tentativas, de las que Ptolomeo constituye el prototipo, ya que su obra reemplazó a la de sus predecesores y fue tomada como modelo por quienes le siguieron en el estudio de la astronomía, Copérnico entre ellos. La expresión “astronomía ptolomeica” se refiere a un enfoque tradicional del problema de los planetas más que a cualquiera de las soluciones particulares dadas dentro de esta tradición de investigación.

La aplicación más importante de las principales modificaciones introducidas durante la Antigüedad y la Edad Media en el sistema epiciclo-deferente se haya esencialmente vinculada a la resolución de los complejos movimientos planetarios. Todos los dispositivos matemáticos que fueron desarrollados dentro de este modelo teórico no se desarrollaron al mismo tiempo, ni siquiera dentro de un tiempo de periodo corto, ni tampoco se deben todos ellos al genio de Ptolomeo. Como ya se mencionó, Apolonio, en el siglo III a. C., conocía los epiciclos mayores y las excéntricas con centro móvil. En el siguiente siglo, Hiparco añadió al arsenal de los métodos astronómicos los epiciclos menores y las excéntricas con centro fijo, y combinó tales dispositivos con el fin de proporcionar una primera evaluación cuantitativa de las irregularidades de los movimientos del Sol y la Luna. Fue Ptolomeo quien añadió el ecuante y, durante los trece siglos que lo separan de Copérnico, tanto los astrónomos árabes como los europeos emplearon nuevas y distintas combinaciones de círculos, como la adaptación de un epiciclo sobre otro epiciclo y la de una excéntrica sobre otra excéntrica para explicar las irregularidades aún no resueltas de los movimientos planetarios. Es en el *Almagesto* donde se recopiló la parte esencial de la astronomía antigua

---

<sup>50</sup> J. Jiménez, Revista Filosófica Vol. 30 de la Universidad de Costa Rica (1992) p. 179.

y representó el primer tratado matemático elaborado de una manera sistemática, que daba una explicación completa detallada y cuantitativa de todos los movimientos celestes.

El modelo ptolomeico, en su versión simplificada, difería de las observaciones planetarias, por lo que la solución, como en el pasado, fue colocar cada vez más círculos anclados en los ya existentes<sup>51</sup>; y aún más, sin ningún impedimento para definir más artefactos teóricos al modelo preestablecido, surgieron dos alternativas adicionales: la órbita excéntrica y el punto ecuante. Como se mencionó anteriormente, la excéntrica es un deferente cuyo centro se haya desplazado respecto al centro de la Tierra y que puede ser móvil para el caso de la precesión de los equinoccios; mientras que el ecuante es un punto desplazado desde el cual percibimos la regularidad del movimiento planetario. Es decir, la regularidad del movimiento sobre la órbita se aprecia desde el punto ecuante y no desde su centro geométrico.

El *Almagesto* constituyó el proceso de consolidación del modelo geocéntrico-geoestático. Sus premisas cosmológicas son las siguientes<sup>52</sup>:

1. Que el cielo tiene forma esférica y se mueve como una esfera.
2. Que la Tierra, por su figura tomada en la totalidad de sus partes, es sensiblemente un esferoide.
3. Que está en medio de todo el cielo, como un centro.
4. Que por su tamaño y distancia a la esfera de las estrellas fijas, sólo es un punto.
5. Que no tiene rotación ni traslación.

A través de estos postulados vemos que la intención de Ptolomeo no es formular una cosmología inédita, pues ya cuenta con la cosmología aristotélica. Lo que se propuso Ptolomeo fue exponer los diferentes hechos astronómicos, fundamentalmente la relación de la Tierra con los astros, el movimiento del Sol y la Luna, de las estrellas y los planetas. Pero sin duda uno de los más grandes aportes de Ptolomeo a la astronomía consistió en el punto ecuante. Éste surgió como medio para intentar salvar la uniformidad del movimiento planetario y perfeccionar el mecanismo predictivo; sin embargo, tal mecanismo es artificioso e infundado, e irónicamente, su formulación viola el mismo principio que se propuso restablecer, convirtiéndose en el talón de Aquiles de su propio modelo. Debemos recalcar que el punto ecuante no es un punto fijo, sino que el astrónomo calculista lo determina a conveniencia, de forma tal que, desde el punto elegido, el movimiento del epiciclo que transporta al planeta resulte regular y uniforme, con lo cual queda claro el carácter instrumental de la astronomía ptolomeica. No interesa la realidad física de tal punto, no es posible señalarlo en el espacio, el astrónomo lo pone a voluntad; interesa solamente que el

---

<sup>51</sup> Estos epiciclos son llamados epiciclos menores, que en algunos casos llegaban hasta 80 combinaciones de órbitas circulares epiciclo-deferente. Ver G. Bolado (et al.), *Lecturas Fundamentales de Historia de Filosofía*, Ed. Publican de la Universidad de Cantabria, España (2012) p. 186.

<sup>52</sup> J. Jiménez, *Revista Filosófica* no. 30 de la Universidad de Costa Rica (1992) p. 180.

cálculo de la órbita coincida con las mediciones a fin de perfeccionar la capacidad predictiva del modelo geométrico-matemático.

Todo esto, pese a la heterodoxia en materia doctrinal, llevó a la consagración de Ptolomeo como uno de los más grandes astrónomos de la Antigüedad, junto con su modelo cosmológico, cuya vigencia se extendió por toda Europa, después de haber pasado por Arabia, hasta el Renacimiento cuando fue finalmente destronado por el heliocentrismo.

Durante casi dieciocho siglos, que es lo que separan la época de Apolonio e Hiparco de la de Copérnico, la idea de un Universo centrado en la Tierra y compuesto por una serie de órbitas circulares dominó cualquier ataque técnico al problema de los planetas; ataques que, por cierto, no escasearon con anterioridad al propio Copérnico. Aun a pesar de su reconocida inexactitud y de su asombrosa falta de economía (que contrasta con la simplicidad del Universo de las dos esferas), el sistema perfeccionado por Ptolomeo gozó de una considerable longevidad. Por su flexibilidad, complejidad y potencia, no ha habido nada comparable en la historia de las ciencias a la técnica del epiciclo-deferente. Sin embargo, jamás lo hizo como se esperaba.

El *Almagesto* de Ptolomeo constituye un capítulo fundamental de gran importancia en la historia de las ciencias, particularmente en la astronomía. Ptolomeo lo escribió alrededor del año 150 y hasta principios del siglo XVII siguió siendo la biblia de la astronomía. En el siglo V se traslada a las bibliotecas y centros culturales de los árabes y regresará a Europa en el siglo XII junto con todas las demás obras del saber antiguo. La obra de Ptolomeo no sólo es preservada por la cultura árabe sino también es desarrollada por sus astrónomos. La importancia de la tradición árabe está plasmada en el propio título de la obra tal y como es conocida universalmente. La obra de Ptolomeo lleva el título original griego de *Mathematike Sintaxis*, y era comúnmente llamada entre los especialistas como *Megale Sintaxis* (La Gran Colección), con un impacto tal que se le llegó a conocer como *Megiste Sintaxis* (La Grandísima Colección). El título de *Almagesto* muestra la importancia de la tradición cultural árabe al combinar el artículo árabe *Al* con el superlativo griego *megiste*<sup>53</sup>.

El *Almagesto*, además de la importancia que de por sí tuvo en la historia de la astronomía durante largo tiempo, también representa un claro ejemplo de la continuidad y, más adelante, la ruptura que presenta el desarrollo del conocimiento científico y que fueron planteadas como características de dicho desarrollo al inicio de este trabajo. La continuidad es manifiesta por el largo periodo de vigencia de este marco teórico de investigación<sup>54</sup>, periodo en el que se hicieron muchas adecuaciones pero siempre sin alterar sus fundamentos, en particular los aristotélicos y platónicos (Tierra central móvil y la regularidad uniforme de los movimientos planetarios). La ruptura se dará más adelante con la innovación copernicana

<sup>53</sup> Ver G. Sarton, *Ciencia antigua y civilización moderna*, Fondo de Cultura Económica, México (1960) p. 79.

<sup>54</sup> Vigencia del paradigma ptolomeico. Ver de Thomas S. Khun, *La estructura de las revoluciones científicas*, 2ª. Ed., Fondo de Cultura Económica, México (1995).

al establecer el modelo heliocéntrico con su posterior desarrollo, con la Tierra como un planeta más girando en torno al Sol en órbita elíptica y obedeciendo las leyes de Kepler<sup>55</sup>.

### 3.2. DEL CRISTIANISMO AL ISLAMISMO

El cristianismo, cuando se convirtió en la religión oficial del imperio —en sus dogmas— terminó contradiciendo a la Antigüedad pagana y varias corrientes cristianas a las que denominó herejías. Este espíritu inquisidor impulsó determinantemente el cierre de la escuela de Atenas. Tanto herejes como sabios tuvieron un éxodo a Oriente en donde fueron bien acogidos fundando varias escuelas en armonía con el incipiente Islam de Mahoma.

Por lo anterior, tenemos que considerar una doble vía que conecta la Antigüedad con el escolasticismo, tanto la vía cristiana (Occidente) como la ruta musulmana (Oriente). Del lado occidental tenemos a un nuevo Platón (cristianización del platonismo por Agustín de Hipona) y tardíamente a un nuevo Aristóteles (la cristianización de Aristóteles fue realizada principalmente por Tomás de Aquino en el siglo XIII), y por el lado oriental tenemos principalmente a un Aristóteles islamizado.

Comencemos estudiando el mundo occidental; en concreto, el desarrollo del cristianismo y su consolidación en la humanidad.

#### 3.2.1. El comienzo del cristianismo y las primeras herejías

El cristianismo, en sus orígenes, sufrió un rechazo general ante la sociedad de su tiempo; sin embargo, todo cambió con la intervención del emperador Constantino que encontró en él una nueva política imperial. El punto de inflexión fue la victoria de la batalla en el Puente Milvio que Constantino adjudicó al poder divino del Dios cristiano. Abrazó la fe de los cristianos y comenzaron una serie de cambios en sus dominios: primero, trasladó la capital del imperio de Roma a Constantinopla, también denominada «Nueva Roma» región localizada en el estrecho del Bósforo. Esta religión se extendió por todo el imperio disminuyéndose el paganismo velozmente. Según mencionan algunos comentaristas el derrumbamiento final de los gimnasios, que eran un núcleo del helenismo, fue el que dio inicio a la Edad Media, aunado al hecho de que en el año 529 el emperador Justiniano cerró la antigua escuela de filosofía en Atenas siendo «el último bastión del paganismo intelectual»<sup>56</sup>.

<sup>55</sup> Se comienza a establecer el paradigma copernicano. *Idem*.

<sup>56</sup> J. Lenzenweger (et al.), *Historia de la Iglesia Católica*, Ed. Herder, España (1989) p. 95.

Poco después del establecimiento definitivo del cristianismo como la religión del imperio<sup>57</sup>, surgieron no pocos cismas y herejías que condujeron a varios concilios donde se debatieron las posturas correctas de la fe cristiana y que invariablemente terminaron por promulgar un edicto cuya conclusión fue señalar a un hereje<sup>58</sup>. El Concilio de Nicea (325) declaró hereje al arrianismo, el Concilio de Éfeso (431) señaló hereje al nestorianismo y el Concilio de Calcedonia (451) hizo lo propio con el monofisismo. Curiosamente, lo que el cristianismo fue para los judíos (secta judía), ahora lo eran todas esas nuevas escuelas (sectas cristianas) para los cristianos de los primeros siglos de nuestra era. Toda la complejidad emerge tras intentar contestar una única cuestión: ¿Quién es Jesucristo? ¿Un hombre únicamente? ¿Un dios? ¿El Dios? ¿Un dios y un hombre? Desde los primeros siglos de la era cristiana hasta el tiempo de las primeras universidades (incluso hoy es así) han surgido un sinnúmero de movimientos con enseñanzas diversas acerca de la persona de Cristo, que casi siempre fueron irreconciliables. En ese tiempo el arrianismo dijo que el Hijo no es eterno ni igual al Padre; según Arrio, Jesús es un hombre en el que el espíritu divino encarnó en el momento de su nacimiento. El monofisismo de Atanasio surgió en oposición a Arrio y resaltó la naturaleza *única* del Dios Logos encarnado. Finalmente Nestorio, por el año 431 fue perseguido por defender el título «Madre de Cristo» en lugar de «Madre de Dios», viendo a Cristo como sólo un hombre.

Dentro de este clima religioso podemos distinguir dos facetas complementarias que favorecieron la difusión del saber heleno en este tiempo: los acontecimientos de carácter interno y los de carácter externo. Los sucesos externos fueron los conflictos que vivió la Iglesia Cristiana con herejes y paganos, quienes, siendo expulsados, terminaron asentándose en el mundo asiático donde fueron bienvenidos ellos y todos sus conocimientos. En cuanto a las acciones internas que ocurrieron podemos destacar las fusiones que vivió el cristianismo con algunas escuelas de la Antigüedad, principalmente con el platonismo que terminó cobrando la forma de neoplatonismo. Ambos caminos contribuyeron a que de ninguna manera feneciera la sabiduría antigua.

El neoplatonismo fue uno de los puentes que los escolásticos recorrieron para descubrir lo que los antiguos helenos ya poseían. Fue a través de la estructura cristiana que se mantuvo vivo el paganismo antiguo, pero disfrazado. Después de todo la esencia del cristianismo católico<sup>59</sup> siempre fue mantener la unidad religiosa, y por ende, gozo de un alto grado de sincretismos en toda su trayectoria.

---

<sup>57</sup> La oficialización del cristianismo ocurrió hasta el año 380 como un mero formalismo, en el reinado de Teodosio.

<sup>58</sup> Para una reseña de las herejías de la iglesia primitiva ver el manual R. Vaneigem (tr. J. Anaya), *Las Herejías*, Ed. Jus, México (2008).

<sup>59</sup> Católico significa *universal*. Utilizada en el Concilio de Nicea para identificar supuestamente a la iglesia fundada por Jesús. Palabra griega, latinizada como *katholikos* que significa “a través del todo” (kata=sobre; holos=todo), que aunque en el principio se utilizaba indistintamente el término católico que cristiano, tras el cisma entre católicos y protestantes, el término cristiano se popularizó del lado protestante mientras que el término católico quedó del lado de la Iglesia Romana. Todo esto en el siglo XVI.

### 3.2.2. El neoplatonismo

En los tratados corrientes de filosofía griega es habitual establecer una división en tres grandes momentos: el presocrático (o cosmológico), el antropológico (más enfocado al hombre) y el ético (centrado en la conducta humana). Algunos<sup>60</sup> defienden un cuarto periodo denominado teológico o místico que abarca los primeros cinco siglos de nuestra era y que tiene como mejor exponente a Plotino. Este hombre revirtió el pensamiento helénico que venía de la religión a la filosofía, llevando esta disciplina nuevamente a su origen en la religión. Aunque Plotino únicamente pretendió ser un continuador de Platón —por la naturaleza de sus escritos<sup>61</sup>— inició una nueva corriente de pensamiento que conocemos a través de sus *Enéadas* (grupo de nueve tratados)<sup>62</sup>.

Estudiando dicha obra encontramos que Plotino aceptó la idea platónica del Uno como lo más alto, al que le sigue el Intelecto y finalmente el Alma, escalones denominados *niveles ontológicos* que se encuentran insertados en la teoría de la *hipóstasis* (el principal tema de los neoplatónicos es la aceptación de un Universo descendente y jerarquizado). El Uno es lo primero, que es la absoluta simplicidad, la autosuficiencia, el Bien trascendente e infinito, acto puro autocreador. El neoplatonismo es una mezcla de platonismo, pitagorismo, cristianismo, y de todas aquellas escuelas que poseyeron algún modelo del hombre (por ejemplo, también de la escuela epicúrea y la estoica). El éxito de las enseñanzas de Plotino a través de la historia es, en gran medida, consecuencia de la atmósfera que se vivía en sus tiempos (siglo III) y que gracias a su discípulo Porfirio y el influjo que este último ejerció sobre los pensadores latinos Macrobio, Calcidio, Mario Victorino, Agustín y, principalmente Proclo —este último al que algunos consideran el eslabón que une la Antigüedad con los inicios de la Edad Media— fue que este legado llegó a Occidente. Los últimos neoplatónicos, antes del cierre de la escuela ateniense fueron Damascio y Simplicio.

El neoplatonismo, con su visión dialéctica, mística, religiosa y espiritual del mundo y de la vida, ejerció una fuerte influencia a lo largo de la historia<sup>63</sup>. En Oriente fue, en sus inicios, una manera de enfrentarse a los problemas más íntimos del hombre y de su destino último. En lo que al cristianismo se refiere, el neoplatonismo fue un instrumento con el que el creyente expuso sus propias ideas con mayor rigor filosófico. Principalmente tomó dos elementos del platonismo: la inmortalidad del alma y la predestinación de los seres vivos. De igual forma trabajo el alejandrino Filón, que con el neoplatonismo expuso su fe judaica. En Oriente predominó un neoplatonismo procliano, mientras que en Occidente predominó la corriente porfiriana hasta el tiempo de Escoto de Erígena.

---

<sup>60</sup> J. Alsina Clota, *El Neoplatonismo. Síntesis del espiritualismo antiguo*, Ed. Anthropos, España (1989) p. 12.

<sup>61</sup> Plotino no se vuelca sobre toda la obra de Platón, sino que elabora una selección del material, selección que proseguirá con sus continuadores.

<sup>62</sup> Sobre un resumen de la obra ver J. Alsina Clota, *El Neoplatonismo. Síntesis del espiritualismo antiguo*, Ed. Anthropos, España (1989) p. 46.

<sup>63</sup> J. Alsina Clota, *El Neoplatonismo. Síntesis del espiritualismo antiguo*, Ed. Anthropos, España (1989) p. 97.

La teoría neoplatónica se dejó ver claramente en varios momentos en la historia, por ejemplo, el imperio islámico nos presentó una especie de neoplatonismo aristotelizado, que —viendo en retrospectiva— provino de la escuela alejandrina, luego llegó a Antioquía, y terminó finalmente en Bagdad<sup>64</sup>. El Islam al encontrarse con la tradición griega en Siria, Egipto y Persia, tradujo y comentó a Aristóteles, Platón, Porfirio, Proclo, Hipócrates, Galeno, Euclides, etc., autores que llegaron a Occidente revestidos de la cultura islámica, en el tiempo de las cruzadas, el feudalismo, y el mejor momento de la Escuela de Chartres y San Víctor<sup>65</sup>. Más adelante revisaremos el platonismo en tiempo de las primeras universidades, por ahora sólo nos baste con constatar el profundo impacto que tuvo en la Europa medieval, debido a su doble alcance religioso y filosófico; empero, a diferencia del platonismo más próximo a la matematización, este neoplatonismo medieval, en general, fue más dialéctico y mágico que matemático.

Finalmente como un pequeño paréntesis hacemos mención de dos personajes importantes que vivieron en el periodo que va de la Antigüedad a la Edad Media, éstos son Boecio y Casiodoro, del siglos V y VI. El primero es nombrado por algunos como «el último romano, el primer escolástico»<sup>66</sup>. Boecio<sup>67</sup>, alimentado del neoplatonismo alejandrino, se propuso enriquecer la cultura latina con lo mejor del helenismo transmitiendo en lengua latina casi todas las artes liberales y además de haberse propuesto traducir toda la obra de Platón y Aristóteles para descubrir, más allá de sus diferencias, su profundo acuerdo. Este proyecto tan ambicioso lo cubrió mínimamente; con todo, su obra actuó en diversos dominios como tratados, comentarios, conjuntos doctrinales o proposiciones aisladas, es decir, de ejemplo o como incitación para la investigación. Su obra sirvió como vehículo para la lógica de Aristóteles y para una parte de la cosmología y la teología platónicas. Por eso, Boecio, es situado entre los fundadores de la Edad Media.

El otro sabio fue Casiodoro<sup>68</sup> (485-580), que se ganó un lugar en la historia por su anhelo de poner la cultura al servicio del conocimiento de las Sagradas Escrituras. De ahí radica su programa de estudios helénicos que propuso entre sus monjes y la gran colección de copias almacenadas en el monasterio que él fundó (Vivarium en Calabria, Italia). Sabemos que sus intenciones no se concretaron, pues de su biblioteca no se transmitieron íntegramente todas las obras, sino preferencialmente la literatura sagrada a la profana, es decir, más autores latinos que griegos. «El final del siglo VI, es un umbral de un periodo sombrío [para el que] serán necesarios varios siglos para volver a descubrir únicamente lo que se conocía ya en

---

<sup>64</sup> *Ibid.*, p. 105.

<sup>65</sup> Importante escuela de los siglos XII y XIII fundada por Guillermo de Champeaux, quien tras haber contenido con su discípulo Pedro Abelardo huyó a las afueras de París, a la abadía que San Víctor desde donde enseñó.

<sup>66</sup> M. Toscano y G. Ancochea, *Místicos, Neoplatónicos-Neoplatónicos Místicos. De Plotino a Ruysbroeck*, Ed. Etnos, España (1998) p. 20.

<sup>67</sup> J. Jolivet, *La Filosofía Medieval en Occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México D. F. (1990) p. 30.

<sup>68</sup> *Ibid.*, p. 34.

tiempos de Casiodoro y de Boecio, para reconstruir penosamente una cultura, antes de poder ampliar su horizonte»<sup>69</sup>.

### 3.2.3. El Imperio Romano

En la caída del imperio intervinieron por lo menos dos factores de signos distintos<sup>70, 71</sup>: uno externo (intromisión bárbara e invasiones) y otro interno (conflictos entre pueblos del mismo imperio y la descomposición social) que son mutuamente complementarios. Quizá el primer gran paso para el decaimiento del imperio fue su división debido a la aparición de varias sedes imperiales durante el periodo tetrárquico<sup>72</sup>, y la aparición de Constantinopla por parte de Constantino —hijo de uno de los tetrarcas— que puso las bases del imperio Oriental. Una nueva capital demandó a largo plazo un nuevo senado, una nueva administración y un nuevo ejército. Aunado a esto, la escisión de la comunidad cristiana entre un Oriente arriano<sup>73</sup> y un Occidente niceno (o católico) resultó también en una división ideológica y religiosa. Por eso, la conclusión natural fue la completa división del imperio en dos, hecho que se hizo oficial cuando el emperador Teodosio, en el año de 395, les heredó a sus dos hijos su reino. La parte oriental quedó a cargo de Arcadio (el hijo mayor) que dirigió desde Constantinopla, y la occidental por Honorio que se estableció en Milán.

El imperio oriental se convirtió en el imperio Bizantino, mismo que oficialmente llegó a su fin en el año 1453 cuando cayó su último emperador en manos de los turcos otomanos. Mientras tanto, la parte occidental progresivamente decayó<sup>74</sup>, no tanto por la penetración de los bárbaros en el imperio<sup>75</sup>, sino por la difusión del cristianismo<sup>76</sup> que minó las bases culturales en las que se había apoyado la sociedad romana tradicional. Los cambios de valores significaron nuevas formas de vida; la sociedad se preocupó más por su ser interior descuidando la política exterior y permitiendo la entrada de grupos extranjeros sin reproche alguno como en el caso de los germanos. También se descuidó significativamente el estudio de todas las disciplinas griegas, incluida la filosofía natural.

---

<sup>69</sup> *Ibid.*, p. 36.

<sup>70</sup> Para un análisis completo de la caída del imperio ver la obra de E. Gibbon, *The History of the Decline and Fall of the Roman Empire*, Londres, 1898.

<sup>71</sup> Para la descripción completa ver G. Bravo, *La caída del Imperio Romano y la Génesis de Europa*, Ed. Complutense, Madrid (2001) p. XVI (Introducción).

<sup>72</sup> Forma de gobierno en la que el poder es administrado por cuatro personas. Tetrarca se denomina a cada uno de los miembros de este grupo gobernante.

<sup>73</sup> Ver más detalladamente en R. Vaneigem (tr. J. Anaya), *Las Herejías*, Ed. Jus, México (2008) p. 78.

<sup>74</sup> G. Bravo, *La caída del Imperio Romano y la Génesis de Europa*, Ed. Complutense, Madrid (2001) p. 35.

<sup>75</sup> Después de la intromisión bárbara, que no fue de destrucción como muchos tienden a imaginarse, comenzó un proceso de lento mimetismo con la sociedad romana al grado de ser considerados en el siglo IV únicamente como extranjeros que aún no habían adquirido la ciudadanía romana. Ver *Ibid.*, p. 22.

<sup>76</sup> Esta es la opinión de E. Gibbon que, aunque es interesante hoy ya no tiene tanto peso. Todo lo contrario, el cristianismo es considerado uno de los principales agentes que conformaron la Antigüedad tardía. Para una discusión más completa ver *Ibid.*, p.105.

Oficialmente se dice que el año 476 marca el fin del Imperio Romano de Occidente, pues en ese año Odoacro, jefe de los hérulos, invadió Italia y removió al emperador niño Rómulo Augusto<sup>77</sup>. Esta fecha es meramente simbólica en la que apenas hubo un eco en la sociedad de ese entonces. Más impactante fue cuando el visigodo Alarico tomó y saqueó la ciudad de Roma en el año 410, tiempo lleno de conflictos en que no pocos paganos creyeron que todo estaba en decadencia por la venida de Cristo al mundo<sup>78</sup>. El nuevo sistema ideológico, político, social y religioso que le proporcionó el cristianismo a Occidente es una realidad que se puede visualizar tras abordar la obra de San Agustín, en dos de sus obras más importantes como sus *Confesiones* y *La Ciudad de Dios*.

Aquí no vamos a realizar un resumen de su obra, pues es innecesario. Para los fines de este trabajo nos sea suficiente el siguiente fragmento tomado de su *Enchiridion* como una muestra en el atraso del conocimiento secular que consintió el santo de Hipona:

Cuando [...] se plantea la pregunta de lo que hemos de creer en cuanto a la religión, no es necesario indagar la naturaleza de las cosas como lo hacían aquellos a quienes los griegos llamaban *physici*; tampoco debemos alarmarnos porque los cristianos ignoren la fuerza y el número de los elementos: el movimiento y el orden y los eclipses de los cuerpos celestes; la forma de los cielos; las especies y la naturaleza de los animales, plantas, piedras, fuentes, ríos, montañas; la cronología y las distancias; las señales de las tormentas en ciernes; y mil cosas más que esos filósofos han hallado o creen haber descubierto [...] Baste para el cristiano saber que la única causa de todas las cosas creadas [...] sean celestes o terrenales [...] es la bondad del Creador, único Dios verdadero.<sup>79</sup>

Afirmación de un peso descomunal para toda la ciencia, pues el santo «de un plumazo había eliminado un catálogo casi completo de las ciencias antiguas: física, cosmología y astronomía, zoología, botánica, geología [...]. Mientras lanzaba a sus contemporáneos hacia la aventura de la civilización medieval, les decía que elevaran la visión hacia el cielo y, más explícitamente, que olvidarán las cosas de esta tierra»<sup>80</sup>. Occidente recibió estas líneas como si brotaran de la mismísima boca de Dios, por lo que sin pensarlo se sumergió en una verdadera hibernación en lo referente al estudio de la naturaleza<sup>81</sup>, hasta la llegada de la lejana

---

<sup>77</sup> Niño de alrededor de diez años que comúnmente se le conoce como Rómulo Augústulo y que curiosamente tiene el nombre de uno de los fundadores de la ciudad y también del primer emperador.

<sup>78</sup> *Ibid.*, p.116 y p. 136. Este es el argumento principal que la sociedad pagana le daba al decaimiento en el imperio. Haber intercambiado sus tradicionales dioses por el nuevo Dios cristiano.

<sup>79</sup> T. Goldstein, *Los Albores de la Ciencia*, Editorial Fondo Educativo Interamericano, México (1984) p.52.

<sup>80</sup> *Ibid.*, p. 53.

<sup>81</sup> La medicina fue la única ciencia que aprobó Agustín, misma que nunca murió en toda la Edad Media en Occidente y que fue tan bien desarrollada por el Islam. Por medio de ésta comenzaron las traducciones en Salerno del árabe al latín.

época escolástica<sup>82</sup>. En este momento Occidente inicia su preparación mental y espiritual para recibir, dentro de unos setecientos años, lo que ya tenía: cientos de catálogos y pergaminos de grandes eruditos naturales atenienses y alejandrinos relativos a todos los temas que ahora corresponde a Oriente preservar, estudiar, enseñar y comentar.

En resumen. El mundo se dividió en dos: la parte occidental del Imperio Romano sucumbió a los pueblos germanos que, lejos de querer introducir algo nuevo en el imperio, cómodamente se alojaron en él, lo que no impidió que el imperio se terminara degradando hasta llegar al punto de poder albergar un nuevo reinado<sup>83</sup> a finales del siglo VIII; éste es el imperio carolingio. Mientras tanto en Oriente, con su territorio, sus instituciones, su cultura y su modo de vida, contuvo las invasiones árabes hasta la caída de Constantinopla en manos de los otomanos. Así mismo, pese a que ambos imperios —tanto el de Occidente como el de Oriente— eran cristianos, practicaron la fe de una manera diferente. Por ejemplo, Occidente se sumió en la meditación de la obra agustiniana, empobreciéndose culturalmente, mientras tanto, el imperio bizantino era un reino rico y codiciable, principalmente para sus vecinos musulmanes que nunca pudieron adueñarse de su capital. Otra de las diferencias fue que el lado oriental no mantuvo la unidad religiosa (las principales herejías procedieron o se acentuaron en Oriente), como sí lo hizo Occidente que era exclusivamente niceno.

#### 3.2.4. La Edad Media en Oriente

Al mismo tiempo que Occidente se volvía poco a poco una tierra cada vez más hostil al paganismo<sup>84</sup>, Oriente se preparaba para ser la nueva cima del conocimiento natural y filosófico del mundo, algo que consiguió, en parte, por recibir dos tipos diferentes de personas. Por un lado, a todas las sectas cristianas, que, siendo excomulgadas, terminaron en el mundo persa donde crearon las escuelas de Edesa, Nísibis y Gondishapur, instrumentos esenciales en la transmisión de la filosofía griega al mundo árabe. Por el otro lado, el cierre de la escuela de Atenas y la prohibición de los paganos para enseñar condujo a un éxodo, ahora no de religiosos, sino de grandes filósofos como Damascio y su discípulo Simplicio que junto con otros cinco<sup>85</sup> llegaron a Persia. Este territorio<sup>86</sup>, junto con el de Egipto y Siria, fueron conquistados en el siglo VII por el islamismo árabe recién nacido pero que rápidamente abarcó toda la península arábiga, replegó al imperio bizantino del Medio Oriente y conquistó todo el Magreb hasta llegar a la península Ibérica. El Islam creció

<sup>82</sup> En esta afirmación hemos dejado un poco de lado la época carolingia, que si bien fue importante en la historia del desarrollo científico, es más una etapa de preparación para el tiempo de las primeras universidades que un nuevo inicio, algo que consideramos, sí ocurrió con la época escolástica.

<sup>83</sup> Aunque en realidad fue un nuevo imperio, el papa nombró a Carlomagno como sucesor de los emperadores romanos, dándole una aparente continuidad al Imperio Romano.

<sup>84</sup> J. Almirall Arnal, *La Academia*, Societas Philosophorum Viventium, Barcelona (2007) p. 6.

<sup>85</sup> Los nombres de estos cinco filósofos son: Prisciano de Lidia, Eulamio de Frigia, Hermias de Fenicia, Diógenes de Fenicia e Isidoro de Gaza.

<sup>86</sup> El imperio Persa tuvo dos momentos principales de su historia hilados a dos dinastías: la aqueménida y la sasánida. La primera terminó cuando Alejandro Magno venció al último de sus reyes en el 330 a. C., y el segundo momento pereció cuando la dinastía sasánida fue derrotada por los islamitas en el siglo VII.

imparablemente hasta que en el año 732, fue frenado en la batalla Poitiers (Francia), impidiendo que adentrará al corazón del territorio europeo. Como todo reinado, el musulmán vivió una época de máximo esplendor alrededor del siglo X, su época dorada que queda manifiesta por todos los avances y discusiones en la escuela médica de Gondishapur, que siendo del imperio Persa terminó siendo trasladada a Bagdad, renombrada como la «Casa de la Sabiduría» y convirtiéndose en un ícono del Islam. Este es un hecho por mencionar alguno de los muchos que hubo en la Edad Media a cargo del poderío musulmán.

#### a) El Islam

La religión musulmana tuvo sus orígenes durante la primera mitad del siglo VII, bajo la dirección de Mahoma. Este movimiento abarcó todos los sectores sociales (religioso, político, militar, etc.) permitiendo un cuerpo suficientemente ordenado que integró a todas las tribus de la hoy península arábiga. Sin duda, el *Corán* fue para los musulmanes el mayor pilar de su vida, pues en este documento se fundamentaron para la resolución de prácticamente todo tipo de cuestionamientos en su vida cotidiana; no podía haber una novedad de algún tipo que no estuviera respaldada por algún pasaje del *Corán*.

Como no podía faltar, también la recién establecida sociedad islámica tuvo varios cismas o diversificaciones doctrinales, entre las que destacamos tres: la chiíta, la sunnita y la jariyita<sup>87, 88</sup>. Todas ellas surgieron tras intentar resolver la problemática de quién debía ser el sucesor de Mahoma. Los chiítas eran partidarios de Fátima, la hija de Mahoma, los sunnitas lo fueron de Aisha, la esposa preferida del profeta, y los jariyitas pensaban que el sucesor de Mahoma debería ser el musulmán más digno sin importar el linaje o los títulos nobiliarios. Este conflicto religioso también tuvo un impacto en las demás áreas de la sociedad, ya que en alguna de estas corrientes se afianzó cada califato que estuvo al mando para sus prácticas religiosas, políticas y sociales.

Fue durante el califato abasí (de tendencia sunnita) que el imperio musulmán tuvo su llamada *edad de oro*, en la ciudad de Bagdad. En ese tiempo se produjeron las principales aportaciones culturales, arquitectónicas, científicas y técnicas; de hecho, no pocos sabios y pensadores de diversas culturas decidieron utilizar el árabe para transmitir sus conocimientos. Las ciudades más importantes fueron Bagdad, Basora, Córdoba, El Cairo y Alejandría, lugares donde se profundizó en las matemáticas (especialmente la trigonometría y el álgebra, a partir de las cuales se introdujo el cero y la numeración arábiga), la filosofía (Avicena dio a conocer a Aristóteles), la medicina, la botánica, la alquimia, la poesía y narrativa (la máxima expresión literaria y popular de la época es, sin duda, la compilación de *Las mil y una noches*).

---

<sup>87</sup> Estas corrientes no se manifestaron inmediatamente pero sí definitivamente en el arbitraje de Ali ibn Abu Talib contra Muawiya por la sucesión del cuarto califato musulmán.

<sup>88</sup> Arbitraje de Siffin. Ver B. Lewis, *Los Árabes en la Historia*, Ed. Edhasa, España (2004) p. 141.

La *edad de oro* islámica coincide con el fin del imperio árabe en Bagdad, que sucumbió por diversos factores, como fueron las divisiones de califatos y de emiratos que implicaron no sólo una división territorial, sino también nuevas sectas dentro del Islam. Estas divisiones internas territoriales, políticas y religiosas debilitaron al imperio que, luchando por su subsistencia, terminó refugiándose en la fuerza esclava que poseía: pueblos no árabes de fe islámica (principalmente de origen turco como los buwayhidas, los selyúcidas y los mamelucos, procedentes de Mongolia<sup>89</sup>). Los esclavos poco a poco terminaron adueñándose de la principal fuerza del decadente imperio musulmán: la milicia. Así consiguieron desplazar a sus amos de sus lugares privilegiados invirtiendo los papeles entre esclavos y señores; ahora los árabes musulmanes serían los esclavos y los esclavos, señores<sup>90</sup>. Estos pueblos musulmanes no árabes dejaron al califa abasí como un guía espiritual de los creyentes sin impacto político y a su vez establecieron a los sultanes selyúcidas<sup>91</sup> como la máxima autoridad imperial. De esta manera los turcos otomanos construyeron un nuevo imperio musulmán no árabe<sup>92</sup>.

b) La edad de oro del Islam

La influencia griega fue fundamental en la filosofía y en todas las ciencias (matemáticas, astronomía, geografía, química, física, historia natural y medicina) que desarrolló el mundo árabe<sup>93</sup>. Hubo un inmenso esfuerzo de traducción por parte de intelectuales como los lingüistas nestorianos, judíos y cristianos, quienes vertieron catálogos completos del griego en las lenguas contemporáneas como el siríaco y el árabe.

Un gran ejemplo de este logro lo encontramos en Gondishapur, ciudad ecuménica que albergó estudiosos de todos los credos y profesiones, particularmente de médicos que por razones profesionales guardaban un especial interés en conocer las hierbas medicinales, los métodos quirúrgicos y diversos tratamientos provenientes de lugares lejanos de todo el mundo. La traducción de textos extranjeros y antiguos se convirtió en un procedimiento común, y más aún después de que los árabes conquistaran Gondishapur en el año 638. Estos estudiosos aprendieron con rapidez la lengua de sus conquistadores y comenzaron un intenso programa de traducción al árabe de los manuscritos médicos, geométricos y científicos de la India y Grecia. En el mundo árabe no existía una tradición o precedente semejante, y desde ese momento las traducciones pasaron de ser algo eventual (periodo del primer califato omeya) a una práctica muy común en esta edad de oro musulmana.

---

<sup>89</sup> En realidad los musulmanes no buscaban nuevos conversos tras sus conquistas sino riquezas materiales para poder abastecerse. Lo que desde el principio el Islam procuró fue la sujeción de los pueblos con diferente religión y no su conversión (Islam significa sujeción o sumisión).

<sup>90</sup> J. Bosch, *Breve Historia de los Pueblos Árabes*, Ed. Alfa y Omega. República Dominicana (2003) p. 43.

<sup>91</sup> B. Lewis, *Los Árabes en la Historia*, Ed. Edhasa, España (2004) p. 277.

<sup>92</sup> A. S. i Mas, *Aproximación al Mundo Islámico*, Ed. Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Barcelona (2003) p. 63.

<sup>93</sup> B. Lewis, *Los Árabes en la Historia*, Ed. Edhasa, España (2004) p. 257.

El califa Al-Mamún (813-833) creó la escuela de traductores en Bagdad con una biblioteca, personal estable y con uno de sus mayores exponentes, el doctor nestoriano Hunain ibn Ishaq, traductor de las obras de Galeno, de los aforismos de Hipócrates y la *Física* de Aristóteles entre muchas otras obras<sup>94</sup>. Este califa era simpatizante de los *mutazilíes* (aquellos que se apartan), racionalistas con la idea de reconciliar el *Corán* con los criterios de la razón humana. De él se dice que tuvo un sueño<sup>95</sup> en el que se le aparecía Aristóteles, y debido a ello envió a sus emisarios a lugares tan alejados como Constantinopla en búsqueda de tantos manuscritos griegos como pudieran encontrar. De esta manera es como fue fundada la Casa de la Sabiduría (en el año 833). Primero, sólo había traductores y comentaristas, pero pronto surgió una generación de escritores musulmanes originales, la mayoría persas, como el médico Al-Razi, Avicena y Al-Biruni, este último una figura eminente del Islam medieval<sup>96</sup>. La mayoría de estos personajes escribieron gran cantidad de tratados (cada uno alrededor de 200 libros) sobre todos los temas, pero principalmente sobre medicina.

Los árabes aportaron en medicina observaciones prácticas y experiencias clínicas, en matemáticas introdujeron la numeración posicional y el cero que aprendieron de la India. Con las traducciones de Al-Mamún sobre la obra aristotélica terminaron por afectar a toda la filosofía y teología del Islam e influyeron en pensadores como Al-Kindi, Al-Farabi, Avicena y Averroes<sup>97</sup>. Una evidencia más de la majestuosidad árabe la tenemos en su arquitectura y cómo ésta introdujo características de todas las culturas de su alrededor como fueron la bizantina, persa y grecorromana. De hecho el Islam integró culturas que van desde la india, la china, la griega, la romana, la israelí, la iraní hasta las proximidades de Italia y Francia<sup>98</sup>.

También encontramos a Muhammad Ibn-Musa Al-Khwarizmi, astrónomo y matemático de cuya obra más importante, de la que sólo se conoce una traducción al latín llamada *De numero indorum* (Sobre el arte de contar indio) ofreció una explicación tan completa del sistema indio que «es probablemente el responsable de su difusión, pero también de que nuestro sistema numérico [sea] de origen árabe»<sup>99</sup>. Aunque Al-Khwarizmi no afirmó ser original en este sentido, la nueva notación terminaría siendo conocida como la de Al-Khwarizmi o, de forma corrupta, *algorismi*, lo que al final daría lugar a la palabra «algoritmo». Por eso Al-Khwarizmi es conocido como el padre del álgebra, además de que en su obra, *Hisab Al-jabr wa'l muqabalah* encontramos más de 800 ejemplos sobre el álgebra. La palabra *Al-jabr* (que terminó dando lugar a la palabra «álgebra») significa algo así como «restauración» y se refiere al traslado de los términos sustraídos al otro lado de la

---

<sup>94</sup> *Ibid.*

<sup>95</sup> P. Watson, *Ideas. Historial Intelectual de la Humanidad*, Ed. Crítica, España (2006) p. 426.

<sup>96</sup> B. Lewis, *Los Árabes en la Historia*, Ed. Edhasa, España (2004) p. 258.

<sup>97</sup> *Ibid.*, p. 259.

<sup>98</sup> *Ibid.*, p. 262.

<sup>99</sup> P. Watson, *Ideas. Historial Intelectual de la Humanidad*, Ed. Crítica, España (2006) p. 431, cita a Boyer, *A History of Mathematics*, Wiley International Edition, United States of America (1968) p. 227.

ecuación; *muqabalah*, significa reducción o equilibrio. En las ecuaciones cuadráticas, los elementos se reducen a ambos lados de la ecuación para restaurar el equilibrio.

En lo que respecta a su influencia sobre el pensamiento occidental, el gran logro de la España musulmana lo encontramos en el ámbito de la filosofía (*falsafah* en árabe) con la obra de Abú Al-Walid Muhammad ibn- Ahmad ibn-Rushd, mejor conocido como Averroes. Fue más influyente como filósofo que como médico, y más en la cristiandad que en el mundo musulmán. Con sus escritos hizo tres cosas<sup>100</sup>: en primer lugar, como muchos antes que él, intentó reconciliar el pensamiento griego, en especial el de Aristóteles y Platón, con el *Corán*; en segundo lugar, intentó reconciliar las funciones de la razón y la revelación; y por último, buscó mostrar de qué forma distintos sectores del pueblo se relacionaban con estas ideas según su inteligencia y su formación. Averroes introdujo cierta dosis de duda, algo que nunca fue muy popular en el Islam pero resultaría muy fructífero en el cristianismo. El averroísmo terminó convirtiéndose en parte del círculo de todas las principales universidades europeas durante el siglo XIII. Roger Bacon y Duns Escoto dirán de Averroes que merece ocupar, junto a Aristóteles, el puesto de maestro de la ciencia de la demostración.

También es importante destacar el legado musulmán a la astronomía medieval. Primero, dedicaron gran esfuerzo por dominar, mejorar y difundir la teoría astronómica ptolomeica. Segundo, se hizo un importante progreso en el instrumental<sup>101</sup> y en las observaciones astronómicas. Tercero, en el Islam se produjo una importante crítica de la teoría astronómica ptolomeica así como intentos de mejorarla o corregirla. Uno de sus primeros críticos fue Haytham mejor conocido como Alhacén, que se opuso al uso del ecuante de Ptolomeo (mismo punto que Copérnico desecharía rotundamente) argumentando que violaba el principio del movimiento uniforme. Lo que hizo Alhacén fue darle a cada una de las esferas planetarias el espesor necesario para que pudieran contener dentro de sí una excéntrica o anillo, por el que pasase el epiciclo del planeta. Si todas las esferas están encajadas (como de hecho se supone que están) una dentro de otra, tenemos un modelo físico del sistema planetario que incorpora los elementos fundamentales de la astronomía planetaria ptolomeica, a la vez que ofrece una interpretación tolerable del sistema de esferas concéntricas de Aristóteles. Modelo que rechazó Averroes por considerarlo alejado de la enseñanza del Estagirita. Dijo que «la astronomía ptolomeica nada tiene que ver con lo existente pero es útil para calcular lo no existente»<sup>102</sup> cuyo descontento muestra el pensamiento bifurcado que también se mantuvo en la cosmología de aquellas tierras.

Coincidentemente Córdoba produjo otra gran figura en este mismo período. Fue al judío Maimónides, un médico, matemático, astrónomo y filósofo. Su principal contribución fue la construcción de un sistema escolástico-judío, comparable con el escolasticismo musulme y también el cristiano que iba completar poco después Tomás de Aquino.

<sup>100</sup> P. Watson, *Ideas. Historial Intelectual de la Humanidad*, Ed. Crítica, España (2006) p. 443.

<sup>101</sup> Como lo fue el gigantesco arco meridiano de Samarcanda, construido en el siglo XV por Ulug Beg y utilizado básicamente para observaciones solares, con un radio de catorce metros.

<sup>102</sup> A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981) p. 204.

Maimónides intentó conciliar la teología judía con la filosofía griega, especialmente con la de Aristóteles<sup>103</sup>.

Paradójicamente, aunque los musulmanes, en sus inicios, contribuyeron para dividir el mundo en dos, ellos mismos fueron el vínculo que Occidente abrazó para recuperar el antiguo saber Oriental de Atenas y Alejandría.

### 3.3. DE ORIENTE A OCCIDENTE Y EL INICIO DE LAS UNIVERSIDADES

Entre los siglos XII y XIII Europa y el mundo islámico tenían aproximadamente el mismo número de académicos<sup>104</sup>; no obstante, sólo los europeos llegaron a desarrollar una identidad corporativa. Las razones por las que creemos que Occidente fue el territorio propicio para la continuación del saber helénico son varias, una de ellas fue el poderío que la Iglesia Cristiana ejerció. Desde siempre sus objetivos fueron, primero, obtener una mayor extensión territorial, y segundo, una unidad religiosa. Esto hizo posible la existencia permanente del papado, símbolo de un control centralizado sobre la sociedad. Por otro lado, todos los problemas que planteaba la vasta organización de la Iglesia continental y la forma que interactuaba con el Estado pusieron en un primer plano las distintas cuestiones doctrinales y jurídicas que se expusieron y debatieron en los monasterios y las escuelas establecidas en esa época.

El sentido por la unidad europea orilló a algunos personajes a tomar medidas al respecto. Graciano escribió su *Concordancia de los cánones discordantes* (el *Decretum*), obra en la que reorganizó y racionalizó la ley eclesiástica hasta entonces comúnmente aplicada por los obispos de manera local y habitualmente costumbrista. Por la misma naturaleza de las discusiones entre Iglesia y Estado, se formaron reglas de debate<sup>105</sup> (las formas de discutir y acordar lo que era importante), que no sólo sirvieron para las altas esferas de poder, sino también en la arquitectura, las leyes y las artes liberales. El papel de la obra agustiniana influyó notablemente en este ambiente que se preparaba para las futuras discusiones entre la fe y la razón que caracterizarían la escolástica. San Agustín influyó grandemente en la Edad Media, principalmente en la utilización del platonismo para defensa de la fe cristiana, es decir, hubo un resurgimiento del neoplatonismo en este periodo. También se redescubrió el código Justiniano que era una recopilación del cuerpo de derecho romano (cuerpo de derecho civil). Estos *corpus* en derecho, medicina, religión y demás disciplinas introdujeron tenazmente la idea de un saber corporativo, misma que fungió como la base ideológica de universidad en el sentido de gremio.

---

<sup>103</sup> Para una descripción más detallada sobre la *filosofía judía medieval* revisar Wolfson, *The Philosophy of Spinoza*, Harvard University Press (1924) p. 543.

<sup>104</sup> *Ibid.*, p. 512.

<sup>105</sup> *Ibid.*, p. 516.

Así fue como la Iglesia misma y los problemas de ésta con el Estado, encausaron un espíritu corporativo que, sumado al cambio económico precapitalista, favorecieron definitivamente el lento pero inminente renacimiento europeo de los siglos XVI y XVII. El primer escalón definitorio fue el surgimiento y afianzamiento de las universidades oriundas de las escuelas sacerdotales, éstas fueron, las escuelas catedralicias (o episcopales) y las monásticas (o abaciales).

### 3.3.1. La época carolingia

Como uno de los antecedentes occidentales de las universidades europeas tenemos a las escuelas del imperio carolingio, reinado cuyo origen se remonta a los francos, el primer pueblo germánico que se asentó en el imperio romano de manera permanente y que subsistió paralelamente al Islam pero en Occidente. Este asentamiento, con el tiempo conformó la dinastía merovingia y después la carolingia, esta última, encabezada por Carlos Martel (siglo VII), el mismo general que frenó el avance musulmán en la famosa batalla de Poitiers. Nieto de Carlos e hijo de Pipino el Breve, tenemos al glorioso Carlo Magno, coronado por el papa León III el 25 de diciembre del año 800 como sucesor de los emperadores romanos<sup>106</sup>.

Hay algunos elementos que consideramos importantes para que Occidente consolidase un nuevo imperio. Uno de ellos fue la ruptura que sucedió entre Europa y África por la influyente civilización arábiga que, en su avance incontenible, obstruyó toda comunicación entre ambos territorios. Este bloqueo comercial y cultural junto con el que tenía al norte por los vikingos<sup>107</sup> (originarios de Dinamarca) hicieron que Europa central viviera de sí misma creando la dinastía merovingia<sup>108</sup> que tiempo después fue sustituida por la carolingia.

Con todo, Carlomagno<sup>109</sup> como emperador, experimentó a partir del año 768 la necesidad de reorganizar la enseñanza en sus estados. Bajo los merovingios las escuelas habían caído en una completa decadencia: los sacerdotes eran ignorantes hasta el punto de no comprender el latín de las plegarias y de los sacramentos más corrientes, la división del imperio romano dejó un Occidente muy pobre en todos los aspectos, por eso Carlomagno deseaba tener un clero de mejor calidad y una nobleza formada por funcionarios suficientemente instruidos para asegurar la marcha de un estado centralizado: la necesidad política y administrativa se conjugaba con su amor a las letras. Dada la prioridad de esta necesidad Carlomagno optó por llamar a un conjunto de ilustrados ingleses<sup>110</sup>, italianos<sup>111</sup> y

---

<sup>106</sup> Algo que no agradó al emperador de Bizancio, Miguel I Rangabé que se consideraba el auténtico sucesor de los emperadores romanos.

<sup>107</sup> Furiosos marinos que infundieron el terror en todo el norte de Europa, pues en pocas horas arrasaban con pueblos completos, saqueándolos y matando a todo hombre que se cruzase en su camino.

<sup>108</sup> H. Pirenne, *Mahoma y Carlomagno*, Ed. Alianza, Madrid (1978) p. 228.

<sup>109</sup> J. Jolivet, *La filosofía medieval en occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México (1990) p. 42.

<sup>110</sup> Alcuino de York es el principal.

<sup>111</sup> Pedro de Pisa, Pablo Diácono y Paulino de Aquilea.

españoles<sup>112</sup>. El más eminente fue Alcuino de York, que hizo traer de Inglaterra libros clásicos, fundó escuelas ajenas a las catedrales y redactó diversos manuales. Se podría decir que Alcuino fue el Secretario de Educación del imperio, aunque seguramente él hubiera deseado tener otro título, pues según sus palabras «construyó en Francia una nueva Atenas»<sup>113</sup>. Frase que terminó siendo más bien *profética* (como lo vemos en el esplendor de la Escuela de Chartres y la Universidad de París en el escolasticismo) que contemporánea; sin embargo, la obra de Alcuino fue de un peso enorme cuando la contextualizamos con la miseria intelectual de la época precedente, por eso es común llamar este movimiento «renacimiento carolingio», que no deja de ser una expresión un tanto pretenciosa. Más bien hubo una reestructuración institucional que luchó por asemejarse a las organizaciones de la Antigüedad. Por eso en la política Carlomagno intentó restaurar el imperio, en religión se buscó regresar a la iglesia antigua y en el orden intelectual se procuró aprender de nuevo la lengua y el estilo clásicos.

La legislación escolar extendió la cultura a todos los obispados y monasterios, los libros se multiplicaron, incluso el rey construyó una «Academia Palatina» compuesta por los letrados de su séquito, institución que no se debe confundir con la «Escuela Palatina» destinada a instruir a los hijos de los nobles<sup>114</sup>. Las enseñanzas eran impartidas en las escuelas de las catedrales y en las de los claustros, mismas que estaban abiertas a un doble público. Internamente se enseñaba a los monjes y novicios; y externamente a los jóvenes ajenos a los monasterios (los laicos). En el año 817 estas últimas fueron cerradas, lo que limitó la difusión de la cultura, por lo que habría que esperar al desarrollo de las escuelas de las catedrales, correlativo al de las ciudades, para que se ampliara verdaderamente tal difusión. La principal figura de esta época carolingia fue el irlandés Juan Escoto de Erígena quien publicó un ensayo muy controvertido sobre una síntesis racional que confrontó los datos de la fe con los de una filosofía de la naturaleza<sup>115</sup> que sólo fue conocido, comprendido y utilizado hasta el siglo XII.

Lamentablemente el resplandor carolingio perduró lo que la vida de Carlomagno (muerto en el año 814). La división territorial, las invasiones normandas<sup>116</sup> (vikings cristianizados) y la falta de visión en dirección a un imperio unido y en continua expansión, llevaron a Europa a sumirse en tres siglos de decadencia total: social, política y religiosa. Por ejemplo, la religión<sup>117</sup> fue reducida a la superstición popular con un aumento desmesurado de las *ordalías*<sup>118</sup>. El imperio carolingio terminó sucumbiendo a las autoridades locales que lo conformaban dada la falta de aptitud de Luis el piadoso (hijo de Carlomagno) quien

---

<sup>112</sup> Agobardo y Teodulfo.

<sup>113</sup> J. Jolivet, *La filosofía medieval en occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México (1990) p. 43.

<sup>114</sup> *Ibid.*

<sup>115</sup> P. Labarriere, *De la Europa Carolingia a la era de Dante*, Ed. Akal, Madrid (1997) p. 11.

<sup>116</sup> J. Jolivet, *La filosofía medieval en occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México (1990) p. 69.

<sup>117</sup> *Ibid.*, p. 70.

<sup>118</sup> Prueba a la que eran sometidos los acusados en la Edad Media para averiguar su culpabilidad o inocencia; como las del duelo, el fuego, el hierro candente, etc.

sucedió al emperador fallecido y que carecía de la visión de una unidad imperial. El imperio estaba destinado a la extinción no así los frutos de la floración carolingia.

Fue crucial que el conocimiento generado en este corto periodo de tiempo no muriese. Se hallaba resguardado y vivo en las escuelas episcopales y los claustros que mantuvieron viva una chispa de sabiduría, misma que se conjugó a un conjunto de avances significativos alrededor del año mil que revitalizó todo.

El primero de ellos fue una especie de política agrícola<sup>119</sup> en la que los monjes pudieron apartarse de las labores de la tierra que los absorbía todo el día para tener más tiempo al Oficio lo que propició el surgimiento de varias congregaciones religiosas como la Orden *Cisterciense* fundada en el año 1098 o la más antigua congregación benedictina de *Cluny* fundada en el año 909; organización que dependía directamente del papa y que sobrevivió hasta después de la revolución francesa. Esta política agrícola al interior del clero junto con la aparición de varios progresos técnicos como el arado con ruedas, extensión del uso del molino de agua<sup>120</sup>, la dominante utilización del caballo sobre la del buey y un nuevo diseño de la pechera de arado que evitaba sofocar el animal brindándole un mayor rendimiento, todo ello favoreció el aumento de la población en el campo y, por tanto, el desarrollo de rutas terrestres y del comercio; ahora las personas producían lo suficiente para abastecerse a sí mismas y además disponían de un excedente para la venta con lo que poco a poco hubo un mayor valor asignado al dinero, situación que convirtió a las ciudades en centros de mercado de todo tipo de productos.

Aunque en la Edad Media no nos permitimos hablar de un esplendor como tal, también es cierto que no supo morir sino hasta mediados del siguiente milenio, lo que nos muestra que hubo un equilibrio en el que no creció ni se hundió. En ese tiempo la Iglesia prosperó en el imperio carolingio, que con su gusto por la Antigüedad y la unidad religiosa, terminó con un celo enfermizo hacia ella, colocando en su interior el espíritu bélico característico de las cruzadas<sup>121</sup>, las cuales golpearon a los cátaros y los husitas<sup>122</sup>, por mencionar un par de ejemplos. Este movimiento atesoró la llamada Tierra Santa, durante un periodo de unos doscientos años, entre el año 1096 y el 1291, con los propósitos iniciales de guerrear contra los sarracenos<sup>123</sup> instalados ahí y proteger a los peregrinos cristianos en su viacrucis a tal territorio.

Como es el caso de no pocos levantamientos armados, las cruzadas abrieron varias rutas entre Oriente y Occidente (principalmente vía terrestre)<sup>124</sup>, lo que favoreció el incremento comercial entre ambas tierras.

---

<sup>119</sup> *Ibid.*

<sup>120</sup> P. Labarriere, *De la Europa Carolingia a la era de Dante*, Ed. Akal, Madrid (1997) p. 28.

<sup>121</sup> Los objetivos iniciales de las cruzadas fueron guerrear con los sarracenos instalados en Tierra Santa y proteger a los peregrinos cristianos de éstos.

<sup>122</sup> *Ibid.*, p. 20.

<sup>123</sup> Nombre que la cristiandad medieval le daba al pueblo musulmán o a los árabes en general.

<sup>124</sup> J. I. Cuesta, *Breve Historia de las Cruzadas*, Ed. Nowtilus, Madrid (2005) p.15

Así fue como en este tiempo circundante al año mil, las cruzadas junto con la fundación de las órdenes cluniacense y cisterciense, favorecieron el aumento del poder de las fuerzas monásticas sobre las imperiales. La revitalización de la vida eclesiástica fue clave para el futuro establecimiento de las escuelas catedralicias y monásticas que tuvieron buena acogida en esta nueva organización económica.

### 3.3.2. Las catedrales y los monasterios

La proliferación eclesiástica en torno del año mil se refleja en los monasterios y las catedrales. Los monasterios se establecieron entre los años 910 y 940, pero fue entre el año 1050 y 1150 cuando se observó un crecimiento desmesurado. Por ejemplo, en Inglaterra<sup>125</sup> el número de monasterios masculinos aumentó desde menos de cincuenta en el año 1066 a cerca de quinientos en el año de 1154. Sólo la orden cisterciense construyó 498 monasterios entre los años 1098 y 1170.

Para las catedrales<sup>126</sup>, el pináculo fue la abadía de San Dionisio (París), cuya estructura figura como un parteaguas de la arquitectura eclesiástica. Tradicionalmente, los edificios eclesiásticos habían sido construidos al estilo románico que por lo general eran estructuras cerradas. En cambio, Suger —eclesiástico y abad de San Dionisio— utilizó los nuevos conocimientos arquitectónicos que aprovechaban las matemáticas, con gigantescas ventanas perpendiculares permitiendo a la luz abrirse camino en grandes cantidades hacia el interior. Suger se inspiró en la teología de pseudo Dionisio Areopagita, cuya idea central era que Dios es luz. Concepto que inspiró la mayoría de las catedrales del siglo XII<sup>127</sup> y dando inicio al llamado estilo gótico.

Las primeras catedrales no fueron usadas sólo para la liturgia. Algunos obispos permitieron que los gremios y otras corporaciones de laicos se reunieran en ellas, convirtiéndolas en centros de intercambio comercial. Fue en el claustro<sup>128</sup> donde se empezaron a congregar los alumnos junto a los artistas y artesanos. En ellas los estudiantes formaban un grupo que se sentaba a los pies del maestro y aunque la mayoría de los alumnos eran clérigos<sup>129</sup> para los que el aprendizaje era un acto religioso, vivían en la ciudad, rodeados de laicos. Las palabras viajaban con mucha más rapidez de lo que lo hacían en los monasterios. Las catedrales, por estar situadas en las ciudades, tuvieron que impartir, además de lo necesario para el culto, conocimientos más prácticos como medicina, leyes, historia natural, etcétera. Digamos que las escuelas catedralicias estaban guiadas por los ideales

---

<sup>125</sup> P. Watson, *Ideas. Historial Intelectual de la Humanidad*, Ed. Crítica, España (2006) p. 527.

<sup>126</sup> *Ibid.*, p. 571.

<sup>127</sup> Entre los años 1155 y 1180 se construyeron catedrales en Noyon, Laon, Soissons y Senlis. El rosetón de San Dionisio inspiró estructuras similares en Chartres, Bourges y Angers.

<sup>128</sup> Claustro es el área cercana a la catedral.

<sup>129</sup> El término «clérigo» tiene diferentes connotaciones. Podría aplicarse el nombre a un miembro del clero regular (monjes y frailes) o del clero secular (diáconos y presbíteros). En la Edad Media una persona fiel se convertía en clérigo cuando recibía su primera tonsura, que es un rasurado circular en la coronilla.

burgueses<sup>130</sup> que veían a la educación como una actividad mercantil más, y los libros pasaron de ser un objeto de lujo a un instrumento, y como tal, un producto industrial y un objeto comercial de intercambio<sup>131</sup>.

En cambio, el mundo dentro de un monasterio era completamente diferente. Las escuelas monásticas, alejadas de la ciudad, tenían una vida intelectual que no se distinguía mucho de la contemplación y meditación solitaria alrededor de un texto sagrado. No estaban afanados por generar un conocimiento nuevo sino en custodiarlo. Por eso estas instituciones tenían buenas bibliotecas como la abadía de Fulda, Alemania, con dos mil volúmenes o Cluny que contaba con cerca de un millar. La instrucción era por parejas: un monje joven estaba acompañado de uno con mayor edad. Por el contrario de las escuelas catedralicias de ideales burgueses, las escuelas abaciales correspondieron a la ideología propia del feudalismo.

### 3.3.3. Las traducciones

La primera influencia oriental definida en las ideas concernientes a la naturaleza, más que traducción directa fue de infiltración como lo podemos ver en algunas obras del papa Gerberto (el papa del año mil) en la que describe un ábaco probablemente de origen árabe<sup>132</sup>. Hacia la mitad del siglo XI el saber arábigo se iba introduciendo en Occidente y dado que entre el mundo bizantino y aquél no había prácticamente ningún intercambio, se abrió una ruta al sur de Italia continental y en Sicilia, en donde persistía cierta tradición griega que podemos ver en el lenguaje que conservó vestigios del griego que allí se habló hasta muy entrada la Edad Media. Y no sólo hubo influencia en la lengua sino también en el arte y la arquitectura. De ahí que «las dos Sicilias»<sup>133</sup> fuesen manantial de ciencia griega y árabe a la vez. También Salerno, ciudad situada en el Golfo de Nápoles, que había sido desde el siglo IX centro de estudios médicos, mantuvo trazas de la antigua medicina griega. En la ciudad vivían numerosos judíos, los cuales tenían contacto con el Oriente, mismos que favorecieron el intercambio cultural. Surgieron tratados de medicina y uno de los grandes traductores llamado Constantino el Africano, natural de Cartago, y que llegó a Salerno en el año 1070 consagró el final de su vida a traducir al latín obras científicas y de medicina escritas en lengua árabe. Fue el primero que se dedicó a traducir sistemáticamente los textos arábigos al latín y quien promovió la asimilación de los conocimientos arábigos en las naciones latinas. Las fuentes de Constantino fueron principalmente autores judíos oriundos de África septentrional y de habla árabe (por ejemplo, Isaac el Judío). Traducciones que tuvieron gran influjo aun después de aparecer las de Gerardo de Cremona. Fue así como los intermediarios forasteros fungieron como el primer canal para las traducciones que recibiría Occidente principalmente de medicina, pero estos documentos no fueron suficientes para los

---

<sup>130</sup> La burguesía fue una clase social característica de esta época de transición entre el feudalismo y el capitalismo.

<sup>131</sup> J. Le Goff, *Los intelectuales de la Edad Media*, Ed. Gedisa, Barcelona (1989) p.89.

<sup>132</sup> C. Singer, *Historia de la Ciencia*, Fondo de Cultura Económica, México (1963) p. 158.

<sup>133</sup> Fue un reino establecido en la isla de Sicilia y la península napolitana.

intelectuales y su curiosidad. El problema es claro: hay conocimiento y personas deseosas por adquirirlo, pero no hay traductores y puesto que «la reconquista del patrimonio clásico [supone] en primer lugar la reconquista de la lengua»<sup>134</sup>. Occidente, en este re-inicio se proveyó de un centro de traducción, y lo que en su momento fue la Casa de la Sabiduría para Bagdad, ahora lo era Toledo para Europa tras ser conquistada por los católicos en el año 1087<sup>135</sup>. Las principales traducciones médicas del griego al árabe y que tuvieron una fuerte influencia en Occidente fueron el *Almanzorís* de Al-Razi (Al-Rhazes), el *Pantegni* de haly Abbas y el *Canon* de Medicina de Avicena.

España fue el reino más distante establecido por la conquista mahometana, mismo que dio los mejores resultados tras el cruce de las civilizaciones judía, árabe y cristiana. Durante los tres siglos comprendidos entre el año 418 y el año 711 floreció en España el reino godo occidental, imponiendo la ley y el orden desde su capital Toledo. Los judíos sefarditas, descendientes de los que deportó Ciro desde Palestina a España, habían preservado las tradiciones de la cultura alejandrina, habían hecho fortuna y mantuvieron abierta la comunicación con el Oriente. Y así continuó la situación después de la conquista de España por los mahometanos en el año 711. La tolerancia que solían otorgar los árabes, siempre que se respetase su supremacía política, permitió que se estableciesen escuelas y colegios, si bien éstos pudieron mantenerse en funciones, no tanto por el apoyo de la comunidad cuanto por el patronazgo ocasional e intermitente de tal o cual gobernador de mentalidad liberal y abierta.

Gran cantidad de estudiosos acudían a Toledo para consultar los tesoros reunidos en la Península Ibérica tras siglos de dominio árabe. En un primer momento, los traductores eran eruditos judíos, mozárabes (grupo de cristianos en tierras musulmanas) y hasta musulmanes que residían allí. Estos individuos traducían los textos árabes al español y luego los estudiosos inmigrantes los traducían del español al latín. Uno de los más grandes traductores fue Gerardo de Cremona (1114-1187), que poseía un amplio repertorio de obras traducidas de las que destacan el *Almagesto* de Ptolomeo, el *Canon* de Avicena y distintas obras de Euclides, Aristóteles, Hipócrates, Galeno, Al-Razi, Al-Khwarizmi y Al-Kindi. Gerardo tradujo, de hecho, todo el abanico de la ciencia helénica y árabe que había inspirado la cultura abasí de los siglos IX y X. A la lista de traductores podemos agregar a Adelardo de Bath que tradujo a Euclides y a Al-Khwarizmi, y Robert de Chester que realizó la primera traducción al latín del *Corán* y del álgebra de Al-Khwarizmi. Hacia finales del siglo XIII, el grueso de la ciencia y la filosofía árabe (y por tanto griega) había llegado a Europa, principalmente Provenza, los Pirineos y las ciudades del sur de Francia como Toulouse, Montpellier, Marsella, Narbona. En todos estos lugares se hicieron traducciones y Montpellier, específicamente, se convirtió en el principal centro de estudios médicos y astronómicos de Francia. Todo esto fue posible por la ruta que siguieron los eruditos que conecta a Toledo con el corazón de Europa.

---

<sup>134</sup> J. Jolivet, *La filosofía medieval en occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México (1990) p. 45.

<sup>135</sup> J. Le Goff, *Los Intelectuales en la Edad Media*, Ed. Gedisa, Barcelona (1990) p. 32.

Así, el contacto inicial entre Europa y el pensamiento griego se dio a través de reelaboraciones árabes y no de forma directa. Las razones del por qué la gran mayoría de las traducciones eran hechas del árabe al latín y no del griego al latín, son las siguientes:

- 1) El griego bizantino difería mucho del clásico.
- 2) Las vías de comunicación entre el Oriente y el Occidente estaban en poder de los musulmanes y no de los bizantinos.
- 3) En la Edad Media el aprendizaje de las lenguas no se hacía mediante gramáticas, sino practicándolas, y era más fácil practicar el árabe que el griego.
- 4) Era más fácil encontrar un buen profesor de árabe que de griego antiguo.
- 5) Para el árabe se podía contar con la ayuda de los judíos, no así para el caso del griego, salvo raras excepciones. Los judíos tuvieron un papel destacado en este proceso, pues fue este tiempo el más floreciente para la ciencia judaica española contando con personalidades como Avicbrón y Maimónides.

Por ejemplo, la lógica, la física y la metafísica de Aristóteles se estudiaron bien de traducciones árabes de los originales griegos, o a través de las obras de Avicena. Esto significa que, durante un tiempo, la filosofía griega apareció revestida de la preocupación islámica por conciliar el *Corán* con el racionalismo. El segundo efecto importante fue que durante un tiempo Europa aceptó el estrecho vínculo que los musulmanes habían establecido entre filosofía y medicina (por ejemplo, la palabra *hakim*<sup>136</sup> es un término tanto médico como filosófico). La obvia importancia que tenía la medicina árabe, y el reconocimiento de su valor por parte de Occidente, se revirtió de algún modo sobre la filosofía que tan vinculada estaba con ella. Aunque pareciera ser natural como se introdujo el saber a Occidente, en realidad fueron muchos años complicados en los que fue difícil diferenciar las enseñanzas originales de las modificadas. En las primeras traducciones prevalecía la visión musulmana y había una confusión entre los autores de las obras. Al respecto diría Roger Bacon<sup>137</sup> (siglo XIII) que «nuestros traductores Gerardo de Cremona, Miguel Escoto [...] cometen tantos errores que nunca nos asombraremos bastante». Desconocen el contenido científico de las obras, el lenguaje en el que están recibidas y el latín; sus traducciones están llenas de palabras tomadas del lenguaje vulgar. Sin embargo, este proceso fue necesario, pues tras tantos errores se esconde el espíritu de la experimentación y la práctica que tiene como finalidad llegar al acierto y la comprensión plena del conocimiento. Tener traducciones deficientes sirvió para por fin obtener traducciones más fieles al pensamiento de los antiguos.

Las traducciones fluyeron cada vez con más ahínco en la sociedad europea escolástica, y con la ausencia de la imprenta rara vez se daba el caso que una obra sustituyera

---

<sup>136</sup> P. Watson, *Ideas. Historial Intelectual de la Humanidad*, Ed. Crítica, España (2006) p. 446.

<sup>137</sup> J. Jolivet, *La filosofía medieval en occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México (1990) p. 204.

a otra que estuviera en circulación. Por lo general se continuaban utilizando ambas, una en una parte y otro en otra, y a menudo las dos en el mismo centro intelectual. Fue hasta mucho tiempo después que las traducciones del árabe al latín perdieron su fuerza, rectificando el camino y redirigiendo a los escritos antiguos en griego clásico.

En favor de la proliferación de las traducciones, tenemos la corriente humanista italiana alrededor del siglo XIV. Aunque el manejo de la lengua griega para el estudio de los textos clásico ya existía desde la época carolingia (Escoto de Erígena en el 850), es a través de este movimiento que encontramos una continuidad dirigida hacia el Renacimiento. Sobre haber sembrado el gusto por el griego y de todo el conocimiento heleno, la mayor contribución del humanismo fue reconstruir el espíritu griego, que aunque no lo consiguió, sí que lo hizo la generación siguiente. Grecia resucitó y se engendró el mundo moderno donde nacieron la ciencia, al arte, la literatura y la filosofía moderna. «Los hombres perfectos y acabados en las ciencias y en las artes, un Leonardo, un Vesalio, un Galileo, son, con más verdad, herederos de Platón y de Aristóteles que quienes emplearon su vida en editar las obras de esos gigantes de la Antigüedad»<sup>138</sup>.

En general, cualquier tema que se pudiera abordar en la Antigüedad se fue transformando según la traducción sistemática de las fuentes griegas y árabes en los siglos XII y XIII. Concretamente, la tradición aristotélica ganó protagonismo en el siglo XIII y gradualmente su concepción del Cosmos sustituyó a la de Platón y a la de la Alta Edad Media. Esto no significa que Platón o Aristóteles estuvieran en desacuerdo en todas las cuestiones importantes. Por ejemplo, ambos bandos pensaban que el Cosmos era una gran esfera finita, con los cielos arriba y la Tierra al centro. Todos coincidían en que hubo un comienzo en el tiempo, aunque algunos aristotélicos del siglo XIII estaban dispuestos a afirmar que esto no podía ser establecido mediante argumentos filosóficos<sup>139</sup>. Y nadie, no importaba qué escuela de pensamiento representara, dudaba que el Cosmos era único. Aunque casi todos aceptaban que Dios pudo haber creado múltiples mundos, nadie creía seriamente que lo hubiera hecho.

Ahora bien, España e Italia sólo llevaron un primer tratamiento de las materias grecoárabes y fue el trabajo de traducción lo que permitió asimilar las obras de la Antigüedad clásica a los intelectuales de Occidente.

Los lugares de incorporación de todo el legado oriental en la cultura cristiana se sitúan, entre los más importantes, en Chartres y París. Todo esto convierte a Francia en lo que Alcuino había pronosticado al inicio de la renovación carolingia en el siglo IX: ser la primera heredera de Grecia y Roma.

---

<sup>138</sup> C. Singer, *Historia de la Ciencia*, Fondo de Cultura Económica, México (1963) p. 184.

<sup>139</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 313.

### 3.3.4. La escuela de Chartres

Para hablar del inicio de la Escuela de Chartres es necesario hablar de Gerberto, el famoso papa del año mil, al que sus contemporáneos lo consideraban «el hombre más sabio después de Boecio»<sup>140</sup>; un hombre destacado por su competencia en las disciplinas matemáticas, aprendió la numeración hindú-arábica, reglas de cálculo con ábaco, astronomía y, en fin, un erudito en tantas áreas que algunos lo veían como un hechicero. Fulberto<sup>141</sup>, discípulo de Gerberto, impulsó desde finales del siglo X la Escuela de Chartres, enseñando lógica con el mismo *corpus* que Gerberto. Así la lógica se volvió una tradición para las escuelas francesas, en la que no podemos dejar de mencionar a Pedro Abelardo<sup>142</sup>, ilustre experto en lógica, dialéctica y conocedor de Aristóteles. Como teólogo, Pedro Abelardo, más que nadie, reclamó la alianza de la razón y de la fe.

En los inicios de Chartres, hacia el año 990, esta escuela destacó por sus estudios médicos y con el paso de los siglos forjó al interior de ella un espíritu inclinado a las ciencias del *cuadrivium*, esto es, el estudio de las *cosas* más que de las *voces* propias del *trivium*.

Sabemos que el espíritu científico es una combinación de curiosidad e indagación con el de racionalidad<sup>143</sup>; sin embargo, para los sabios de ese siglo las experiencias sólo alcanzaban a los fenómenos en las apariencias por lo que la ciencia debía apartarse de ellas para captar mediante el razonamiento las realidades absolutas. Esto hacía de la ciencia de ese tiempo un cuerpo muy limitado.

Una característica más de Chartres fue su tendencia humanista, no sólo por el aprecio que tenía por la cultura helena, sino porque colocó al hombre en el centro de cada disciplina, de su ciencia, de su filosofía y de su teología. La premisa es: el hombre es el centro de la creación. Todo convergía al hombre, y la comprensión de la naturaleza formaba parte de lo que ellos llamaban *humanitas*<sup>144</sup>, que era la verdadera humanidad del individuo ilustrado.

La herencia grecorromana hablaba de una verdad lógica y racional (filosofía), mientras que Occidente veneraba una verdad revelada (religión); posturas opuestas que resultaron en algo muy curioso. En Oriente no había un cuerpo firme para seguir construyendo el conocimiento (había cuerpos institucionales, pero se vieron deficientes para tan grande tarea) por lo que decayó y perdió todo lo que sabía. Occidente, en cambio, fue la tierra fértil en la que florecieron las escuelas catedralicias y monásticas, que después ampararon a las universidades de las que se formaron todos los actores del Renacimiento. Este último periodo albergara a las *academias*, la primera de ellas la academia platónica de Florencia (del año 1440). Fueron instituciones separadas de las universidades y que

---

<sup>140</sup> J. Jolivet, *La filosofía medieval en occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México (1990) p. 72.

<sup>141</sup> *Ibid.*, p. 74.

<sup>142</sup> *Ibid.*, p. 100.

<sup>143</sup> *Ibid.*, p. 60.

<sup>144</sup> T. Goldstein, *Los Albores de la Ciencia*, Editorial Fondo Educativo Interamericano, México (1984) p. 68.

prácticamente estuvieron ausentes por su clausura de parte del emperador Justiniano I en el año 529.

El inicio del escolasticismo descansó en el *corpus* de las instituciones docentes del siglo XII y XIII. La *Biblia*, los padres de la Iglesia, Platón, Aristóteles, los árabes son el cuerpo y materiales de trabajo. En esta nueva época de integración se contrapusieron los argumentos de la razón con los de la ciencia<sup>145</sup> y la teología. Esta última terminó siendo una ciencia racional, con la que los escolásticos se apoyaron para dar razón de su fe. En gran medida ése fue el espíritu del escolasticismo que pretendió racionalizar el dogma religioso. Destacaron textos bíblicos como los siguientes: «siempre preparados para presentar defensa ante todo el que os demande *razón* de la esperanza que hay en vosotros»<sup>146</sup> O este otro: «La fe es la certeza de lo que se espera, la convicción de lo que no se ve»<sup>147</sup>, es decir que la fe es el argumento de las cosas invisibles. Es una razón iluminada por la «fe en busca de la inteligencia» (San Anselmo).

En este nuevo inicio tenemos a grandes personajes como Bernardo de Chartres a quien algunos consideran el primer nombre importante de la corriente chartriana<sup>148</sup>. Bernardo intentó conciliar el pensamiento de Aristóteles con el de Platón, pero más que nada este hombre resalta por su famosa alegoría sobre el progreso intelectual. Éste dijo: «Somos enanos subidos sobre las espaldas de los gigantes: vemos más que ellos y más lejos; no se trata, en realidad, de que nuestra mirada sea penetrante, ni nuestra talla elevada; pero su estatura gigantesca nos eleva, nos ensalza»<sup>149</sup> También dijo que «la verdad es hija del tiempo»<sup>150</sup>, la primera frase erróneamente adjudicada a Newton. Algunos otros personajes destacables de la Escuela de Chartres fueron Thierry de Chartres y Guillermo de Conches, ambos precursores de una nueva filosofía natural. Por ejemplo, Conches es considerado un revolucionario en la educación, pues luchó por revisar el programa académico y darle prioridad a la enseñanza natural.

Una prueba material del espíritu que vivió Chartres se hace evidente cuando vemos su pórtico que coloca a las siete artes en un mismo nivel, y además en el nivel de Cristo y los santos. Se muestra que el nuevo énfasis en la ciencia provenía de un concepto humanista de la unidad intrínseca del mundo, en el cual el mundo de las ideas y el de la naturaleza eran considerados como uno solo. El ser humano y la naturaleza comenzaron a figurar grandemente como una unidad en el pensamiento chartriano y del escolasticismo en general.

---

<sup>145</sup> J. Le Goff, *Los intelectuales de la Edad Media*, Ed. Gedisa, Barcelona (1989) p. 91.

<sup>146</sup> La *Biblia*, 1 Pedro 3:15.

<sup>147</sup> *Ibid.*, Hebreos 11.1.

<sup>148</sup> J. Jolivet, *La filosofía medieval en occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México (1990) p. 118.

<sup>149</sup> *Ibid.*, p. 120.

<sup>150</sup> *Ibid.*

### 3.3.5. Las *universitas*

El origen de las universidades modernas lo encontramos en los siglos XI y XII<sup>151</sup>. Este inicio viene acompañado de una nueva forma de ver a las ciudades, que ahora son centros de mercado en las que los gremios de toda índole se congregan para ofertar sus productos. Los gremios de gente docta ofertan su conocimiento haciendo de su palabra su mercadería. Con el tiempo estos gremios o corporaciones<sup>152</sup> formaron las llamadas Universidades. Las más antiguas son la de Bolonia fundada<sup>153</sup> al mismo tiempo o antes que la de París; la de Oxford en el año 1167, prácticamente como filial de la de París. Luego siguieron las universidades de fundación real Padua en el 1222, Nápoles en 1224, Salamanca en 1227, Praga en 1347, Cracovia en 1364, Viena en 1367 y San Andrés en 1410<sup>154</sup>. Las universidades europeas, para considerárseles como tal además de ser vistas como gremios también hay que agregar el requisito de que debían poseer un *studium generale* o una *universitas magistrorum et scholarium* y también debían expedirle a los alumnos la *licentia ubique docendi* que les confería el derecho de enseñar en toda la cristiandad papal.

Las ciudades, al convertirse en centros de mercado de telas, artesanías, trabajos de alfarería, albañilería, entre otros, orilló a los productores a formar grupos que pudieran legislarse para defender sus intereses comunes, estableciéndose los gremios de artesanos, carpinteros, tejedores y desde luego también de los eruditos que tenían por producto su palabra y todos sus conocimientos. Estos gremios o «sindicatos» fueron designados como *universitas*, término que sólo hasta las mediaciones del año 1400 adquirió su actual significado. Curiosamente, de la misma forma en que se formaron estos grupos en la sociedad europea, al interior del gremio también se formaron pequeñas células denominadas *nationes*<sup>155</sup>, que de igual forma veían por su propia seguridad. En ellas los estudiantes se afiliaban de acuerdo a su origen geográfico (pero que tiene que ver muy poco con el nacionalismo de hoy en día). Podríamos decir que un vestigio de estas *nationes* son las hermandades y fraternidades tan populares en las Universidades contemporáneas.

El grupo de las *universitas*<sup>156</sup>, como los demás gremios, descubrió la necesidad de proveerse de leyes, recabar cuotas, mantener sus propios registros de matriculación, así como adoptar símbolos de autoridad propios (sellos, cetros, etcétera). Había un plan de estudios y

---

<sup>151</sup> Sanz-Bergan, *Legado y Patrimonio de las Universidades Europeas*, Ed. Consejo de Europa, México (2005) p. 41.

<sup>152</sup> Con base en la definición que aceptamos de Universidad (es decir, como gremio) descartamos a todos los centros de enseñanza de la Antigüedad e incluso algunos contemporáneos medievales como la Escuela de Salerno caracterizada por su incursión en las ciencias médicas, misma que no poseyó un origen burgués, y la ya anteriormente mencionada *madraza de Qarawiyyin*.

<sup>153</sup> Es imposible asignar una fecha a la fundación de cualquiera de las primeras universidades, por la sencilla razón de que no fueron fundadas, sino que surgieron gradualmente a partir de escuelas preexistentes; sus estatutos vinieron después; sin embargo, se suele considerar que los maestros de Bolonia consiguieron el estatuto de universidad en 1150, los de París hacia 1200 y los de Oxford en 1220 según Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 265.

<sup>154</sup> Bernal, *La Ciencia en la Historia*, Ed. Nueva Imagen, México (2005) p. 315.

<sup>155</sup> Sanz-Bergan, *Legado y Patrimonio de las Universidades Europeas*, Ed. Consejo de Europa, México (2005) p. 50.

<sup>156</sup> *Ibid.*, p. 44.

material de lectura preestablecido. Además que contaban con facultades de las cuatro ramas clásicas del conocimiento: filosofía, teología, derecho y medicina. Bolonia se caracterizó por el derecho, París por el estudio de la teología y la filosofía, y Oxford brilló en matemáticas y las ciencias naturales<sup>157</sup>.

Además, Bolonia y París<sup>158</sup> tipificaron las dos funciones que las universidades tendieron a desempeñar en el curso de su historia; por un lado fue establecer los cimientos teóricos del conocimiento impartido, sometiendo dicho conocimiento a un análisis crítico y de propagación: la segunda función fue haber suministrado la capacidad teórica para la solución práctica de los problemas importantes de la sociedad. Aunque tenían esta misión en común, las dos anteriores universidades, también marcaron los dos diferentes tipos de universidades. La Universidad de Bolonia<sup>159</sup> estaba formada por los alumnos quienes escogían a los ponentes; mientras que la de París<sup>160</sup> y Oxford eran de maestros, quienes relegaban a los estudiantes el papel de ser sólo miembros de la universidad. A la dinámica de París terminó cediendo Bolonia, y también todas las subsecuentes instituciones educativas europeas. También existió otro tipo diferente de universidades, denominadas migratorias originadas debido a la separación de los estudiantes o los ponentes de otras universidades. Por ejemplo, Padua y Siena, se originaron al separarse de la Universidad de Bolonia. Estas dos últimas fueron fundadas por decreto real y casi siempre vinculadas a la autoridad religiosa, obteniendo así un doble respaldo.

Para calificar como *studium generale*, una Universidad no necesitaba incluir a las cuatro facultades (teología, medicina, filosofía y derecho)<sup>161</sup>, en principio, bastaba una de ellas junto a la facultad obligatoria de artes. La Facultad de las Artes era la escuela de las siete artes liberales, subdivididas en el *trivium* y el *cuadrivium*, es decir; en las materias filológico-filosóficas y las científico-naturales. A medida que la Universidad crecía, se hacía necesaria una mejor organización interna. Había diferencias entre una y otra Universidad lo que no nos impide tomar el ejemplo de la Universidad de París a fin de tener una idea general de la dinámica al interior de estas instituciones<sup>162</sup>. Como ya dijimos, en París existieron cuatro facultades o gremios: una facultad de artes liberales (la más grande de las cuatro) y tres facultades superiores, derecho, medicina y teología. Las artes liberales se consideraban preparatorias para el trabajo en las facultades superiores, y la admisión a éstas usualmente dependía de haber concluido los estudios en artes. Debido a que los maestros de las facultades de artes eran más numerosos que los profesores de otras facultades, consiguieron el control de la Universidad.

---

<sup>157</sup> P. Watson, *Ideas. Historial Intelectual de la Humanidad*, Ed. Crítica, España (2006) p. 591.

<sup>158</sup> Sanz-Bergan, *Legado y Patrimonio de las Universidades Europeas*, Ed. Consejo de Europa, México (2005) p. 45.

<sup>159</sup> *Ibid.*, p. 47.

<sup>160</sup> *Ibid.*, p. 48.

<sup>161</sup> Sanz-Bergan, *Legado y Patrimonio de las Universidades Europeas*, Ed. Consejo de Europa, México (2005) p. 45 y 49.

<sup>162</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 266.

Un joven llegaba a la Universidad alrededor de los catorce años habiendo aprendido previamente latín en la escuela de gramática. La matriculación en la Universidad generalmente confería un estatus clerical. Eso no significa que los estudiantes fueran sacerdotes o monjes, sino simplemente que estaban bajo la autoridad y protección de la Iglesia. El estudiante se matriculaba con un maestro concreto, cuyas clases seguían durante tres o cuatro años antes de presentarse él mismo al examen para el grado de bachiller. Si lo pasaba se convertía en bachiller en artes, con el estatus de un aprendiz oficial, y podía dar algunas clases siempre supervisado por un maestro, mientras continuaba sus estudios. Alrededor de los veintidós años, habiendo asistido a clases de todas las materias exigidas, podía presentarse al examen para el título de Maestro en Artes. La acreditación de ese examen convertía al estudiante en miembro de la facultad de artes, con derecho a enseñar todo lo incluido en el currículum de artes. La movilidad del profesorado se veía facilitada por la *ius ubique docendi* (derecho a educar en cualquier lugar) conferida al maestro en virtud de haber completado su carrera de estudios. De este modo un estudiante egresado de París podría enseñar en Oxford sin ningún impedimento, incluso los temarios no diferían sustancialmente.

Por primera vez en la historia, existía un esfuerzo educativo de alcance internacional, emprendido por estudiosos conscientes de su unidad intelectual y profesional, que ofrecían educación superior estandarizada a toda una generación de estudiantes. Esta educación estandarizada difundió una metodología y una visión del mundo basada sustantivamente en las tradiciones intelectuales de los sabios griegos y los comentarios y aportes musulimes.

Pese al estereotipo que se tiene del maestro medieval como alguien débil y servil, seguidor esclavizado de Aristóteles y de los padres de la Iglesia, temeroso de apartarse siquiera un ápice de las exigencias de la autoridad, el maestro medieval tenía un gran margen de libertad, pues casi no había doctrina filosófica o teológica que no fuera sometida a crítica y escrutinio minucioso.

La historia de las universidades es muy extensa, pues cada institución guarda diversos procesos como, por ejemplo, los que desde el comienzo tuvieron al buscar su emancipación<sup>163</sup>, primero, de los poderes laicos y después religiosos. Sin dejar pasar de lado las múltiples crisis llenas de ataques antiaristotélicos<sup>164</sup>, faltaría revisar también cada uno de los personajes de este nuevo inicio, algunos reformando el sistema educativo (por ejemplo como lo hizo Guillermo de Conches en Chartres<sup>165</sup>), otros poniendo al alcance prominentes obras antiguas. En fin, toda una historia dentro de otra que hace este espacio insuficiente<sup>166</sup>.

Indudablemente en el siglo XII se dio un redescubrimiento de la naturaleza en todas sus áreas, pero es bien sabido que<sup>167</sup> toda esta ciencia no siempre fue «positiva», ya que hubo mucha superstición mezclada con ella, por ejemplo a los remedios minerales y vegetales se añadían aplicaciones de tal o cual parte de organismos animales, o por ejemplo, cuando el

---

<sup>163</sup> J. Le Goff, *Los intelectuales de la Edad Media*, Ed. Gedisa, Barcelona (1989) p. 71.

<sup>164</sup> *Ibid.*, p. 109.

<sup>165</sup> T. Goldstein, *Los Albores de la Ciencia*, Editorial Fondo Educativo Interamericano, México (1984) p. 67.

<sup>166</sup> Para el análisis completo ver J. Le Goff, *Los intelectuales de la Edad Media*, Ed. Gedisa, Barcelona (1989).

<sup>167</sup> J. Jolivet, *La filosofía medieval en occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México (1990) p. 115.

obispo Marbodio (1035-1123) realizó su catálogo de las piedras preciosas, habla sobre todo de sus virtudes ocultas. Todo esto muestra que aún faltan varios siglos para una revolución científica total que destruyese las más profundas barreras que siglos atrás levantó Aristóteles. El primer paso fue comprender más profundamente al Estagirita, para ahora sí, sustituirlo por una física no aristotélica que mezclase a la física y las matemáticas sin ningún prejuicio. Pero desde luego que nada de esto hace despreciable todo el esfuerzo de las primeras universidades, pues fue en estos recintos educativos donde se formó todo un cuerpo de críticos pensadores cada vez más agudos.

## CAPÍTULO 4. LA ÉPOCA ESCOLÁSTICA Y LOS ERUDITOS MEDIEVALES

Como ya hemos mencionado, la ciencia y el pensamiento heleno penetraron en Occidente gracias a los sabios de Oriente. Todos estos grupos tradujeron parcialmente la obra de Aristóteles, lo que provocó que cada uno revistiera a este heleno según su cosmovisión del mundo. Escasas traducciones provenían del griego antiguo, sino que de éste se trasladaban al sirio, del sirio al árabe y de éste al latín. Una de las consecuencias fue la existencia de varios «Aristóteles», es decir, varias facetas de este griego. Había un Aristóteles islamizado y otro cristianizado, o casi podríamos afirmar que había uno para cada uno, todos ellos reclamando su autenticidad indiscutible, pero lo cierto es que ninguno lo conocía.

Como era de esperarse ocurrió un choque entre la filosofía y la fe, primero en Oriente y después en Occidente. El gran pensador musulmán Averroes defendió la auténtica esencia del aristotelismo que, encontrando oposición entre su pueblo con poco anhelo del conocimiento secular, y aunado a los aparentes conflictos entre la fe y la filosofía, terminó adoptando la idea de *la doble verdad*<sup>168</sup>. Esta visión dice que la filosofía y la revelación tienen como único y mismo fin conocer la verdad y actuar conforme a ella, por lo que ambas son parte de un mismo ser. Las ideas de Averroes tuvieron un impacto significativo en el mundo occidental, produciendo un levantamiento ideológico denominado *averroísmo latino*, encabezado por Sigerio de Brabante de París: los maestros de la facultad de artes encargados de comentar a Aristóteles, enseñaron una filosofía pura, ignorando el pensamiento de la

---

<sup>168</sup> Según esto, un término incorrecto para referirse a lo que quería decir Averroes.

facultad de teología<sup>169</sup>, siguiendo de esta manera el mismo proceder del filósofo Averroes que se afanó por tener un conocimiento puro del Estagirita, sin ser influenciado por su fe.

En la obra de los escolásticos Grosseteste, Bacon y Buenaventura podemos ver varias tendencias importantes de los años iniciales y de la mitad del siglo XIII: un creciente conocimiento del *corpus* aristotélico, una mezcla de admiración y sospecha con respecto a sus contenidos y una tendencia a leer distintas ideas agustinianas y platónicas de los textos de Aristóteles. Dos dominicos a mitad y a finales del siglo XIII, Alberto Magno y su discípulo Tomás de Aquino, contribuyeron a un conocimiento más completo de la filosofía aristotélica y una actitud más abierta hacia sus afirmaciones.

Alberto fue el primero en ofrecer una interpretación de conjunto de la filosofía de Aristóteles en el cristianismo occidental, por eso a menudo es considerado el fundador del aristotelismo cristiano. Éste comentó al Estagirita en una producción de doce gruesos volúmenes (más de 8 mil páginas<sup>170</sup>) con abundantes comentarios y largas digresiones, en las que nos presenta los resultados de sus propias investigaciones y reflexiones. Nadie antes de Alberto había presentado tan concienzuda atención al *corpus* aristotélico, y pocos lo hicieron después de él. Entre los contemporáneos de Alberto, sólo Bacon tuvo tan ambiciosa visión de la importancia del nuevo saber para la práctica de la teología. La intromisión tajante del aristotelismo en la doctrina cristiana lo logrará casi resueltamente Tomás de Aquino.

Se trataba de filósofos comprometidos, que practicaban su oficio agresivamente y no reconocían necesidad alguna de ceder ante, o incluso prestar atención a, ninguna autoridad externa. La armonización de la filosofía y la teología no era su problema. Así fue como el averroísmo se diseminó rápidamente entre los intelectuales, lo que terminó por disgustar a algunos teólogos parisinos de renombre, como por ejemplo, Buenaventura, quien no dudó en comentar su desagrado total por dichas enseñanzas. Y como la vida social medieval de ese entonces no podía tolerar dicha enemistad, a Tomás de Aquino<sup>171</sup> se le asignó la tarea de resolver la dificultad entre Aristóteles y el Comentador (como a menudo se le llamaba a Averroes) que lo hizo de una manera brillante. Tomás no aceptó una fe revelada y una razón como parte de una misma sabiduría. La filosofía, por su objeto material y formal es independiente de la teología y la fe. En los casos en que la filosofía y la fe se cruzasen, casos relativos a Dios o al alma humana, la fe no contradice ni absorbe la razón, sino que llena la posibilidad lógica abierta por ella. Por ejemplo, en la divergencia entre aristotélicos y teólogos cristianos sobre la perdurabilidad del mundo, para los primeros el mundo es eterno mientras que para los segundos tiene un principio. Da lo mismo una solución que la otra diría Tomás, el trabajo de la filosofía será demostrar esa doble posibilidad. Es así como desde este momento Aristóteles se cristianiza formalmente en el nuevo escenario de la Europa de los siglos XII y XIII, por las manos de Tomás de Aquino. En este proceso Tomás tuvo que

---

<sup>169</sup> J. Jolivet, *La Filosofía Medieval en Occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México D. F. (1990) p. 248.

<sup>170</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 290.

<sup>171</sup> Tiempo atrás, Alberto Magno le habría dado el vasto *corpus* de su obra a Tomás de Aquino para tal hazaña.

cristianizar a Aristóteles, enfrentándose y luchando con las doctrinas aristotélicas que parecían entrar en conflicto con las enseñanzas de la revelación y corrigiendo a Aristóteles donde había caído en el error. Al mismo tiempo, aristotelizó al cristianismo, importando grandes porciones de metafísica y la filosofía natural aristotélicas a la teología cristiana. A largo plazo (en el siglo XIX), el tomismo llegó a representar la posición oficial de la Iglesia Católica.

Sin duda al interior de la época escolástica se mantuvo un constante conflicto entre la fe y la razón en el que la primera siempre salió victoriosa, claro, sin rechazar nunca a la segunda. Digamos que el escolasticismo siempre fue alimentado por dos vías: por un lado tenemos a la filosofía aristotélica, y por el otro a la teología cristiana, que aunque son metodológicamente distintas, fueron compatibles hacia la verdad. La filosofía empleó las facultades humanas naturales de los sentidos y la razón para llegar a tantas verdades como era posible. La teología nos da acceso a verdades dadas por revelación que van más allá de nuestras capacidades naturales para descubrir y entender. Las dos vías a veces pueden llevar a diferentes verdades, pero nunca llevan a verdades contradictorias. Aunque en esencia la escolástica no hace más que seguir los estándares marcados por San Agustín, en que la filosofía no es más que una *sierva* de la teología, también es cierto que se le delega una mucho mayor importancia, algo que apreciamos claramente en la obra tomista, principalmente, en las cinco sentencias teológicas donde la filosofía es sobremanera útil y confiable para defender los asuntos de la fe cristiana. No puede haber un verdadero conflicto entre la teología y la filosofía, puesto que tanto la revelación como nuestras capacidades racionales son dones divinos. Por tanto, cualquier conflicto debe ser más aparente que real, el resultado de una mala filosofía o una mala teología. El remiando de tales casos es considerar el argumento filosófico y el teológico. En Tomás hay un respeto por la actividad filosófica, y una decisión de emplearla dondequiera que sea posible. Algo que desde luego sobrepasa la postura agustiniana.

#### 4.1. CIENCIAS DE LA ESCOLÁSTICA

Mientras se respiraba un tenue aire que dirigía las matemáticas y un método experimental al servicio de las ciencias, entre los principales adelantos de ese tiempo no podían faltar los de medicina. Bolonia y Montpellier fueron los centros donde se originaron estos progresos. Sabemos que Bolonia poseía una escuela de medicina desde el siglo XIII y terminó heredando la ciencia desarrollada en las escuelas de Salerno cuya tradición constaba de varios siglos. Sabemos que de todas esas escuelas salernitanas salieron muchas compilaciones basadas en los escritos de Hipócrates y Galeno, además de haber estudiado las obras arábigas que tanto interés pusieron en la medicina. Ya en el siglo IX eran famosos los médicos de Salerno, fama que mantuvieron hasta el siglo XII, cuando quedó oscurecida por la difusión general de la medicina árabe en Europa. Es sabido que Salerno fue en sus principios una colonia griega, y posteriormente lugar de salud y reposo para los romanos, además de que

parece ser que nunca llegaron a interrumpirse del todo en el sur de Italia las tradiciones de la medicina griega, por lo que es posible que tengamos aquí un empalme directo e ininterrumpido entre la cultura del mundo antiguo y el del Renacimiento.

Cuando mencionamos la escuela de Salerno, no afirmamos que tal institución posea una estructura tipo Universidad en donde se hubiese impartido cátedra, más bien lo que ocurrió en Salerno es que se fue consolidando un centro de actividad médica en el que las personas podían llegar a dominar las artes curativas mediante el aprendizaje. Así, lo que floreció en Salerno en los siglos X y XI no fue tanto el saber médico<sup>172</sup> sino la habilidad de las artes curativas. Posteriormente las traducciones del árabe produjeron una transformación en la instrucción y la práctica médica en Salerno y en toda Europa.

Por el otro lado, la Escuela de Montpellier en Francia, comenzó a florecer intelectualmente a finales del siglo XIII principalmente por Arnaldo de Vilanova (1240-1331)<sup>173</sup>, siendo el primer representante y expositor del método hipocrático que consta de observar y anotar cuidadosamente todo lo visto en cada caso médico, y aún más importante fue su labor en la alquimia, pues en su afán de convertir los metales viles en preciosos, estudio sus propiedades. Arnaldo dominaba el árabe como el hebreo y mantenía relaciones personales con mahometanos y judíos figurando como el autor ideal de tal resurgimiento en dicha región.

Aunque es importante la tradición médica no podemos dejar de mencionar que la medicina medieval fue básicamente costumbrista y local. Lo que tuvo más matices en la historia fue el componente culto, especialmente el teórico-filosófico y en el que se puede dar mucho de qué hablar. Aunque había muchas obras médicas antiguas que iban de lo práctico a lo teórico las traducciones siempre se inclinaron a lo práctico. Al principio la tradición médica fue secular (siglo V), pero progresivamente las instituciones más adecuadas para la práctica médica fueron las religiosas, particularmente los monasterios, donde el cuidado de los miembros enfermos de la comunidad se volvió una obligación importante.

Se corre el riesgo de creer que la medicina grecorromana, inmersa en la cultura cristiana fue satanizada. Hecho aunado a la idea de que la enfermedad es causa del pecado y, por ende, con un origen divino; sin embargo, este hecho no excluyó las causas naturales de los malestares físicos de las personas, pues la mayoría de los cristianos medievales compartían el punto de vista —común desde los escritos hipocráticos— de que un evento o una enfermedad podía ser simultáneamente natural y divina. Dios sin problemas podría emplear poderes *naturales* para llevar a cabo sus propósitos *divinos*<sup>174</sup>. En el marco institucional radicalmente nuevo que proporcionaban los monasterios, la medicina fue dirigida a servir en nombre de los ideales cristianos. Y con el tiempo, su institucionalización en las universidades restauró su contacto con distintas ramas de la filosofía y elevó su estatus al de ciencia y un área prácticamente obligatoria para los estudiantes.

---

<sup>172</sup> Desde luego que lo hubo, es sólo que se fue intensificando hasta el siglo XII.

<sup>173</sup> C. Singer, *Historia de la Ciencia*, Fondo de Cultura Económica, México (1963) p. 176.

<sup>174</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p.404.

Otra de las disciplinas que estaban contempladas por la escolástica como uno de sus principales focos fue la astronomía, que en ese tiempo no puede distinguirse de la astrología. El conocimiento astronómico se basó mayoritariamente en la obra de Alfonso el Sabio de Castilla (1223-1284). Congregó en Toledo un buen número de intelectuales, los más de ellos judíos, para que calculasen nuevas tablas astronómicas<sup>175</sup> —las famosas tablas alfonsinas— que contenían pocas ideas nuevas, pero muchos datos numéricos necesarios para una astronomía cuantitativa. También a Alfonso se le atribuye el mérito de una vasta enciclopedia donde compila los conocimientos astronómicos de su época, llevada a cabo por el mismo grupo, sirviéndose de fuentes arábigas.

Además de las tablas alfonsinas, tenemos la obra del judío francés Levi Ben Gerson (1288-1344). Su tratado es una tentativa para demostrar la falsedad del homocentrismo dominante. Aunque la astronomía es una de las materias del *cuadrivium*, y por tanto, inclinada a las matemáticas y la filosofía natural, no hay mucho más de las pocas cosas que ya mencionamos. Autores como Plinio, Marciano Capella e Isidoro de Sevilla proporcionaron una descripción elemental de las esferas celestes y su movimiento a lo largo de la banda del zodiaco, incluido el movimiento retrogrado, y del movimiento de Mercurio y Venus ligado al Sol. La habilidad de tratar problemas de cronología y del calendario también fue una práctica muy desarrollada. Sin dejar de lado toda la astronomía ptolomeica.

Un gran artefacto por su utilidad fue el astrolabio, probablemente traído de España por Gerberto de Aurillac<sup>176</sup> (finales del siglo X) junto con el conocimiento matemático necesario para su manejo. En el siglo XI circularon varios tratados sobre la construcción y el uso del astrolabio, traducidos del árabe al latín. A su vez este instrumento fue responsable de una reorientación de la astronomía occidental que va de los intereses cualitativos a los cuantitativos.

#### 4.1.1. Una Tierra móvil

Un ejemplo más de lo que fue la mentalidad medieval, lo vemos claramente cuando analizamos un mapa del mundo conocido. Para algunos pocos afortunados había acceso a bibliotecas y libros como la *Historia natural* de Plinio o las *Etimologías* de Isidoro de Sevilla. Éstos proporcionaban una colección importante del saber popular geográfico (parte de él, mitológico) mediante el uso de *periplos*, una lista secuencial de ciudades, ríos, montañas y otras características topográficas que se encontraban a medida que uno navegaba por la línea costera. Quienes estamos familiarizados con mapas modernos, tenemos tendencia a organizar el conocimiento geográfico espacialmente, mediante el uso de las coordenadas del mapa, reduciendo así la geografía a geometría. Pero para la gente medieval, la mayoría de la cual no había visto jamás un mapa de ninguna clase, por no hablar de un mapa construido sobre principios geométricos, esto no era así. Los mapas del Medievo, no pretendían

<sup>175</sup> Posteriores a las *tablas toledanas*.

<sup>176</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 339.

necesariamente retratar en términos geoméricamente exactos las relaciones espaciales de las características topográficas indicadas en ellos, y la noción de escala todavía no existía. Su función pudo haber sido simbólica, metafórica, histórica, decorativa o didáctica. Por ejemplo el mapa de Ebstorf del siglo XIII empleaba el mundo como símbolo del cuerpo de Cristo. Por lo tanto, si deseamos evitar una mala interpretación de los objetivos y logros medievales, debemos evitar mirar los mapas medievales como intentos fallidos de hacer mapas modernos, sino observarlos en su contexto real.

La confección de mapas experimentó un giro matemático con la creación de los *portulanos*<sup>177</sup>. Estos mapas ofrecieron una representación realista de la línea costera y empleaban una red de «derrotas» dispuestas alrededor de una rosa de los vientos para expresar las distancias y direcciones entre cualesquiera dos puntos.

Finalmente, la cartografía se transformó de modo decisivo con la adquisición de la *Geografía* de Ptolomeo traducida al latín a principios del siglo XV, que enseñó a los occidentales las técnicas matemáticas con las cuales representar un cuerpo esférico sobre una superficie bidimensional.

La elaboración de mapas más exactos desde luego que tuvo una aplicación directa para el hombre medieval; sin embargo, hay una cuestión que no parece ser de alguna utilidad práctica aunque es la que nos concierne más, y es si la Tierra rota sobre su propio eje y lo que sucedería si fuera así. Las discusiones más serias sobre este asunto se dieron en el siglo XIV a cargo de Jean Buridan y Nicole Oresme. Es un asunto para destacarse que ninguno de ellos trató de quitar a la Tierra del centro del universo sino otorgarle una rotación a la Tierra con el fin de eliminar esa rotación diurna a todas las esferas celestes. Esto significó reemplazar muchos movimientos rápidos por un único movimiento lento. Con esto Buridan nunca pretendió defender una Tierra en rotación, más bien sostuvo la relatividad en el movimiento y que atribuir a la Tierra dicha rotación no afecta los cálculos celestes. Consecuentemente, la cuestión de una Tierra rotatoria no podía decidirse sobre bases astronómicas, sino que debía de depender de argumentos físicos. El mismo Buridan proporcionó un argumento de este tipo, al señalar que una flecha disparada verticalmente hacia arriba (sin viento), desde la superficie de una Tierra rotatoria, no volvería a su punto de partida, puesto que, mientras estaba en el aire, la Tierra, debajo de ella, se estaría moviendo. Puesto que una flecha disparada verticalmente hacia arriba siempre regresa a su punto de origen, afirmó, podemos estar seguros de que la Tierra está quieta. Oresme negaría estos argumentos físicos afirmando que todo lo que percibimos son movimientos relativos, y que por tanto la observación no puede decidir la cuestión. El ejemplo de los dos navíos que más adelante hablaremos en detalle, explica claramente como el recorrido de un objeto lanzado verticalmente hacia arriba siempre llega al lugar de partida independientemente de

---

<sup>177</sup> Cartas náuticas a finales del siglo XIII basadas en cálculos serios de la posición del navío con respecto de los puertos y de ahí que *portulano* derive de «puerto». Llegaron impulsadas por el uso generalizado de la brújula.

la localización del observador, esté en el barco donde se realizó el lanzamiento o en el barco lateral en movimiento (o estático y el primero en movimiento).

Se trata de un poderoso argumento a favor de la rotación terrestre, lo que no convenció a los contemporáneos de Oresme y aparentemente tampoco a él mismo. Sus argumentos representaban la mejor argumentación filosófica o racional en favor de la movilidad de la Tierra, pero la doctrina de la divina omnipotencia garantizaba que, en el mejor de los casos, era un argumento probable, al que no se le podía permitir poner límites a la libertad creadora de Dios. Por lo que sabemos, Dios pudo preferir un mundo no económico.

#### 4.1.2. La astrología

El hecho de que el hombre crea que el movimiento de los astros tenga de algún modo intervención en la vida terrestre no debe de parecernos completamente una idea descabellada. Tan solo con tomar como ejemplo el astro Sol y el alcance que éste tiene sobre la Tierra: todas las interacciones que desencadena con el calor y luz que irradia a toda la urbe. Lo mismo ocurre con las estaciones del año, determinadas por el ritmo del Sol a lo largo de la eclíptica y también la Luna en sus múltiples facetas.

Aunado a esto, la fe cristiana apoyó siempre la idea de que los eventos estelares y planetarios eran presagios de eventos terrestres. Incluso desde la tradición griega las ideas astrológicas siempre estuvieron presentes. Por ejemplo, en el *Timeo*, el Demiurgo de Platón otorga a los planetas o deidades planetarias la tarea de hacer nacer las cosas de la región sublunar o, en el caso de Aristóteles, el primero motor inmóvil de su Cosmos hacía de fuente del movimiento tanto de los objetos celestiales como de los terrestres.

Es claro que la astrología, en su forma física y cosmológica como la investigación empírica y racional de las conexiones causales entre los cielos y la Tierra, fue aceptada casi en su totalidad por los filósofos de la Antigüedad<sup>178</sup>; sin embargo, había una limitante a la aceptación de la astrología que se dejó ver en todas las épocas: la grecorromana, la musulime y la cristiana; y fue la evidente amenaza de un determinismo como última realidad del mundo. Por ejemplo, Agustín utilizaba el famoso contraejemplo de los gemelos, señalando que los gemelos concebidos en el mismo instante y nacidos casi simultáneamente, a menudo transcurrían vidas totalmente diferentes. Agustín no niega totalmente la astrología, «pero las elecciones de la voluntad no están sujetas a las posiciones de las estrellas»<sup>179</sup>

La astrología medieval, aunque en muchas ocasiones estuvo rodeada de ideas primitivas, irracionales o supersticiones, también es cierto que tenía un lado intelectual serio. Así es como podemos distinguir dos facetas astrológicas; la primera aborda la astrología

---

<sup>178</sup> Nicolás de Oresme fue uno de los pocos filósofos en haber negado los principios astrológicos a un nivel particular, mas no el alcance de éstos. Por ejemplo, hambrunas, inundaciones, aparición de profetas, guerras pueden conocerse observando el cielo pero de ninguna manera se podrá saber dónde o cuándo o mediante qué personas, ocurrirá tal situación.

<sup>179</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 349.

como un conjunto de creencias sobre la influencia física dentro del Cosmos; la segunda concibe a dicha ciencia como el arte de hacer horóscopos, determinar los momentos prósperos y cosas parecidas. La primera forma fue una rama respetable de la filosofía natural cuyas conclusiones raramente eran puestas en cuestión. La última, por el contrario, fue vulnerable a una variedad de objeciones empíricas, filosóficas y teológicas. Es la astrología como aspecto de la física cósmica la que nos interesa.

#### 4.1.3. La cosmología medieval

Para la astronomía matemática, el conjunto de instrucciones que acompañaban el compendio de tablas astronómicas, aunque proporcionaban una pista de sus bases teóricas, fueron necesarios tratados de astronomía teórica, que presentasen los modelos matemáticos que subyacían a los datos y a los cálculos<sup>180</sup>. Éstos fueron traducciones del árabe y el griego, como el manual elemental de astronomía ptolomeica traducido como *Los rudimentos de la astronomía* y el *Almagesto* de Ptolomeo. La necesidad de cálculos astronómicos por parte de los astrólogos, junto con la creciente conexión entre astrología y medicina, incrementaron los estudios astronómicos. A finales del siglo XII, los textos más importantes ya estaban disponibles en latín.

Aunque era conocido el sistema ptolomeico de los cielos —además de ser el único candidato probable para conseguir éxito desde el punto de vista cuantitativo— para los eruditos medievales tal sistema era cuestionable desde un punto de vista físico y filosófico. Por eso se inclinaban por el tradicional y más simple sistema aristotélico en el que cada uno de los siete planetas tenía asignado una sola esfera, ignorando los demás detalles<sup>181</sup>. Más allá de estas esferas se encontraba la esfera de las estrellas fijas que definía el límite del Cosmos o *primum mobile*. Respecto a esta esfera surgió el gran problema de definir su lugar. Es decir, qué lugar tiene la esfera que contiene a todo el Cosmos si el lugar —según Aristóteles— está determinado por el cuerpo que contiene<sup>182</sup>. No tiene lugar lo que contiene sino el contenido y siendo ella misma el cuerpo más exterior resulta que el *primum mobile* no está en un lugar. Este conflicto desembocó en dos caminos: el primero de ellos fue redefinir el *lugar* de modo que fuera determinado por el cuerpo contenido, en lugar de por el continente, la otra vía fue imaginar más esferas exteriores, y el *primum mobile*, tendría así definido un lugar según la clásica definición aristotélica. Ambas vías no fueron del todo satisfactorias por las obvias dificultades.

Otro problema surge cuando tratamos de encontrar armonía en el relato bíblico del Génesis y la teoría de los cielos. En el libro del Génesis hay una distinción entre el «cielo»

<sup>180</sup> Que corresponden al siglo XII, muy anterior a los tratados de Buridan.

<sup>181</sup> No obstante, los astrónomos que exigían resultados, no tenían más elección que mantener el sistema ptolomeico. De igual forma los astrónomos que se inclinaban por la filosofía, la idea de una astronomía cuantitativamente exacta sobre principios aristotélicos siguió siendo una idea difícil de alcanzar.

<sup>182</sup> Necesariamente es así, pues no hay lugar sin sustancia, es decir, no existe el vacío. Una de las premisas aristotélicas por excelencia.

(*caelum*), creado el primer día, y el «firmamento» (*firmamentum*) creado en el segundo. Las discusiones sobre este asunto llevaron a algunos comentaristas cristianos a postular tres esferas más allá de las siete esferas planetarias. La más exterior invisible e inmóvil denominada *empyreum* que servía de morada a los ángeles; a continuación venía el cielo acuso o cristalino y después el firmamento que llevaba a las estrellas fijas, dando un total de diez esferas<sup>183</sup>. De esta manera fue como la cosmología aristotélica se modificó para satisfacer las demandas de la interpretación bíblica, al mismo tiempo que el relato bíblico absorbía los elementos esenciales de la cosmología aristotélica<sup>184</sup>.

Uno más de los problemas cosmológicos al interior de la Edad Media atendió la causa material de la región celeste. Primero se creía, como la tradición de los estoicos lo señala, que los cielos estaban compuestos de una sustancia ígnea, pero tras el redescubrimiento de la obra aristotélica, generalmente se aceptó la idea del éter. La disyuntiva ocurría al querer definir la naturaleza de esta *quintaesencia*. Algunos decían que era de un material semejante al de la tierra, mientras otros sostenían que ambas materias debían ser totalmente opuestas.

Un problema más se presentó cuando los cosmólogos medievales quisieron definir la naturaleza de los motores celestes. Aristóteles identificó un conjunto de motores inmóviles como las causas del movimiento celeste, al que las esferas planetarias hacían todo lo posible por imitar produciendo un movimiento circular y eterno. El primer motor inmóvil se definió como el Dios cristiano. Las dificultades vieron al querer identificar los motores inmóviles de las esferas planetarias. Habría sido fácil identificarlos con las deidades descritas en el *Timeo* de Platón, pero aceptar una deidad además del Creador es una flagrante herejía. Los autores cristianos tuvieron que asignar motores desprovistos de divinidad, por eso la solución común fue concebirlos como ángeles o inteligencias separadas (mentes sin cuerpos). Alternativas más aventuradas fueron, por ejemplo la de Robert Kilwardby quien asignó a las esferas celestes una naturaleza activa o tendencia innata a moverse esféricamente. Jean Buridan afirmó que no había necesidad de postular la existencia de inteligencias celestes, puesto que no tienen ninguna base en las Escrituras. Más bien existe una fuerza impresa que mueve a los objetos celestes de la misma forma que se mueve un proyectil que Dios impuso a cada una de las esferas celestes en el momento de la creación.

#### 4.1.4. La alquimia

Una más de las ciencias medievales fue la alquimia. Ésta fue un arte empírico, que buscó transmutar los metales innobles en más preciosos (en el mejor de los casos, en oro), y una ciencia teórica que explicó y guio este esfuerzo. La realidad de la transmutación era indudable. Consideremos el caso de un árbol o una planta, en los que el agua y el suelo se

<sup>183</sup> Algunos incluso llegaban a once esferas concéntricas.

<sup>184</sup> Por un lado se cristianizaba el aristotelismo, y por el otro se aristotelizaba el cristianismo.

transformaban en un fruto o una flor, o, por ejemplo, un cordero que tiene la capacidad de convertir el agua y la hierba en lana y carne.

El interés de los alquimistas se inclinaba a los metales. Éstos últimos eran compuestos de sulfuro y mercurio<sup>185</sup> que se formaban en la tierra bajo la influencia de calor. El objetivo del alquimista era acelerar el proceso de maduración para reproducir en un tiempo breve, mediante un artificio, lo que en las entrañas de la Tierra ocurría en alrededor de mil años. Tal proceso, si ocurría a la perfección nos generaba oro, en cualquier otro caso obteníamos alguno de los otros materiales.

De modo alternativo, los alquimistas trataban de descubrir la receta para el *elixir* o *piedra filosofal*, una sustancia que según se creía, tenía la capacidad de penetrar en los metales innobles y convertirlos en oro. En el curso de estos intentos, los alquimistas desarrollaron muchos procesos químicos, tales como la calcinación, la fusión, la destilación, la putrefacción, la fermentación, etc. Fabricaron gran variedad de aparatos como hornos para calentar y fundir, el alambique para la destilación y distintos recipientes para el almacenamiento de sustancias químicas.

En el curso de la historia, la alquimia se fue agudizando con otras artes técnicas como la metalurgia y la química. Adquirió connotaciones teológicas, mágicas y alegóricas y se fue transformando gradualmente en una filosofía mística omniabarcante. A finales de la Edad Media, la transformación alquímica fue frecuentemente ligada a la transformación espiritual del experimentador alquimista, y algunos creían que el elixir no sólo transformaba los metales innobles en oro, sino que también confería la inmortalidad.

#### 4.1.5. La óptica medieval

Después de la medicina, la alquimia y la astronomía, las ciencias prácticas que en la Edad Media dieron muestra de alguna actividad fueron la botánica y la óptica. La botánica se estudió siempre en conexión con la medicina y la óptica siempre fue un tema recurrente, pues es una herencia de los árabes, principalmente la obra de Alhacén. Digamos que la principal obra del Islam fue la integración de la tradición óptica griega, antes fragmentada e inconsistente en sí misma. Veamos como sucedió esto.

Podemos distinguir dos vertientes de la óptica antigua en relación con el fenómeno de la visión. Tenemos la teoría de la «intrusión», que es aristotélica. Dicha teoría afirma que el objeto visible produce una alteración en el medio transparente. El medio transmite inmediatamente esta alteración al ojo del observador con el que está en contacto para producir

---

<sup>185</sup> Teoría derivada de Aristóteles. El sulfuro y el mercurio en cuestión no eran los minerales comunes así denominados, sino las esencias puras que se pensaba que proporcionaban las distintas cualidades requeridas para producir metales, algunas veces referidas como «sulfuro filosófico» y «mercurio filosófico». El sulfuro filosófico se identificaba frecuentemente con el principio activo, espiritual; el mercurio filosófico, con el principio pasivo, material.

la sensación. La visión se explica del exterior hacia el interior con lo que su interés se centra más en la naturaleza de la luz y en el mecanismo físico del contacto<sup>186</sup>.

Por otro lado existe la teoría de la «proyección» desarrollada por Euclides<sup>187</sup>, está basada en el cono visual. Según esta teoría, la radiación emana del ojo en forma de cono. La percepción se produce cuando los rayos del cono son interceptados por un objeto. El tamaño percibido, la figura y la localización del objeto son determinados por el esquema y localización de los rayos interceptados. La ventaja de esta teoría sobre la primera es su evidente utilización de las ciencias geométricas como lo es el cono visual, un ente de por sí matemático. Otra diferencia es que la teoría de la proyección es «extromisionista», es decir, va de adentro del ojo hacia afuera.

El aporte del Islam, principalmente sucedió a manos del matemático y filósofo natural Alhacén que tomó lo mejor de ambas teorías. Primero, desechó la idea de que somos nosotros quienes emanamos luz de los ojos. Por ejemplo, llamó la atención sobre la capacidad de los objetos brillantes para producir una molestia al ojo (haciendo notar que está en la naturaleza de la molestia el ser infligida desde el exterior) y preguntó cómo era posible, cuando observamos los cielos, que el ojo sea la fuente de una emanación material que llena todo el espacio hasta las estrellas fijas. Habiendo refutado la teoría de la proyección, procedió a formular la defensa de una nueva versión de la teoría de la intromisión que se apropiaba del cono visual de los proyeccionistas ganando las explicaciones geométricas proporcionadas por dicha teoría. La forma de imponer el cono visual fue suponer que en los puntos individuales o pequeñas partes de un cuerpo luminoso irradian no como un grupo coherente (no irradian como un todo), sino cada uno independientemente de los demás y en todas direcciones. El principal problema con esta nueva teoría es que nuestra visión es coherente, por eso la solución que propuso Alhacén fue afirmar que, aunque cada punto del campo visual efectivamente envía radiación a cada punto del ojo, no toda su radiación es capaz de hacerse sentir. Solamente un rayo de cada punto del campo visual incide en el ojo perpendicularmente. Todos los demás inciden oblicuamente y son refractados. De esta manera, Alhacén importó el cono visual de los proyeccionistas a la teoría de la intromisión, uniendo los enfoques matemático y físico de la visión en una única teoría.

La *Óptica* de Alhacén, traducida al latín a finales del siglo XII junto con el *Timeo* de Platón que también abordó el tema de la visión, las obras de Euclides, Ptolomeo y Al-Kindi dieron el material para que los escolásticos de Occidente reconciliaran y reelaboraran toda la herencia intelectual en una filosofía natural coherente y unificada. Por ejemplo, el oxfordiano Bacon, con el convencimiento de que todas las autoridades de la Antigüedad y del Islam estaban fundamentalmente de acuerdo se propuso reconciliar las enseñanzas de la óptica, por

---

<sup>186</sup> También hay una teoría intromisionista de la luz que es atomista y dice que en lugar de ser el medio ambiente el responsable de la visión, del objeto se desprende una finísima capa de átomos que son capturados por el observador.

<sup>187</sup> Los principales exponentes de la Antigüedad que apoyaron la teoría de la proyección fueron Platón, Euclides y Ptolomeo.

lo que aceptó parcialmente las afirmaciones de los intromisionistas y los proyectacionistas como Alhacén. Ciertamente la visión tiene lugar mediante los rayos que entran. En cuanto a los rayos que salen, aunque no son responsables de la visión —según Bacon— contribuyen preparando el medio para recibir los rayos emanados desde el objeto visible. Kepler retomará la teoría visual donde la dejaron la tradición de Alhacén y Bacon<sup>188</sup>.

#### 4.1.6. Descripción matemática del movimiento

Aunque hoy en día el enfoque matemático resulta prácticamente el único posible para la física moderna, no siempre fue así. Para los antiguos, de hecho, era algo unimaginable, pues no tiene ningún sentido mezclar sucesos naturales con entes matemáticos que correspondían a categorías distintas. Aristóteles y sus seguidores veían el movimiento (cambio de lugar) como una de las cuatro clases de cambio. En realidad no hay nada intrínsecamente matemático en la mayoría de los casos de cambio. Cuando observamos una enfermedad cediendo a la curación, la virtud reemplazando al vicio y el calor superando el frío, no nos sugieren números o magnitudes geométricas. La generación o la corrupción de una sustancia y la alteración de una cualidad obviamente no son procesos matemáticos, con lo que resulta toda una osadía haber podido introducir un asidero matemático en unas pocas clases de cambio, incluido el movimiento local. Por ejemplo, es todo un misterio cómo fue posible que aunque Leonardo de Pisa introdujera la numeración posicional en Occidente<sup>189</sup> este método de notación tardase tres siglos en divulgarse. Antes de que dicho sistema llegase a ser de uso universal, ya había terminado la Edad Media desde hacía algún tiempo<sup>190</sup>. Este es solo un caso en el que se muestra la dificultad que sufrió el poder matemático para incrustarse en el método científico.

En cuanto a los primeros éxitos de la matematización de la naturaleza los encontramos primero en los pitagóricos y su sentido de la perfección de la naturaleza expresada en números, en la astronomía con Ptolomeo, la óptica con Euclides y la balanza de Arquímedes. Tanto la astronomía ptolomeica como la óptica son ciencias que ya estudiamos anteriormente, nos resta revisar brevemente la ciencia de los pesos en el marco de la balanza (brazo de la balanza) cuya física es casi completamente reducible a lo matemático, incluso más que la astronomía o la óptica. El problema central es explicar la conducta del brazo de la balanza, que después de analizarlo ocurre que se encuentra en equilibrio cuando los pesos suspendidos de sus extremos son inversamente proporcionales a sus distancias. Una de las primeras explicaciones que han sobrevivido se halla en el libro *Problemas mecánicos*, atribuido a Arquímedes pero que en realidad es un producto posterior de la escuela peripatética. Allí encontramos una explicación «dinámica» de este fenómeno estático. Si un brazo equilibrado fuera puesto en movimiento, las velocidades de los pesos en movimiento

<sup>188</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 397.

<sup>189</sup> En el año de 1202 en su *Liber Abaci*.

<sup>190</sup> C. Singer, *Historia de la Ciencia*, Fondo de Cultura Económica, México (1963) p. 178.

serían inversamente proporcionales a la magnitud de dichos pesos. Por ejemplo, en el tiempo requerido para que un peso de 20 se mueva una distancia  $a$ , el peso de 10 se moverá una distancia de  $2a$ . El propósito de este simple ejemplo es mostrar una más de las ciencias matematizables de la Antigüedad.

#### a) Cinemática

La cinemática se considera como la ciencia que estudia el movimiento de los cuerpos sin importar la causa. Su problemática se reduce en comprender la matematización del movimiento. Haciendo una retrospectiva en el pasado, sabemos que la matematización aristotélica es imposible, salvo que utilizaba los parámetros de la distancia y el tiempo para hablar de cambios en la localización de un objeto, ambos cuantificables pero que no tuvieron mayor complejidad aritmética. Una generación después, con el matemático Autólico de Pitane<sup>191</sup> (muerto en el año 300 a. C.), dio un paso más, defendiendo un movimiento uniforme como aquel en el que distancias iguales son atravesadas en tiempos iguales. Después, el escolasticismo musulmán dejó ver muy poco o casi nada, cinemáticamente hablando, reservándose a aceptar la visión aristotélica. El concepto de rapidez sería un concepto vago; sin embargo, uno de los primeros impactos sobre la matematización del movimiento lo encontramos en Gerardo de Bruselas, matemático probablemente parisino, de la primera mitad del siglo XIII. Lo más sobresaliente de él fue su *libro acerca del movimiento*, que centralmente abordó la cinemática. Esta tradición floreció en el siglo XIV entre un tipo de distinguidos lógicos y matemáticos asociados al Merton College (entre los años 1325 y 1350), que fue una de las escuelas más importantes de la Universidad de Oxford. Y de aquí es donde partiremos para nuestro posterior análisis cinemático.

#### b) Dinámica

La dinámica estudia, las causas del movimiento. En la Antigüedad se distinguían dos tipos de movimientos generados por un motor que podía ser la naturaleza misma del objeto, o alguna fuerza externa a él. El problema real surge cuando los estudiosos medievales desearon darle precisión a la identificación del motor.

Como lo estudiamos anteriormente, Aristóteles dio una idea ambigua sobre la movilidad de un objeto, en la que no se distinguía suficientemente lo que es movido y lo que lo mueve. Por eso Avicena y Averroes propusieron distinguir la *forma* de la *materia*. La *forma* de un cuerpo es el motor y su *materia* es la cosa movida<sup>192</sup>. En Occidente, Tomás de Aquino deshecho esta postura afirmando que la materia y la forma son inseparables, y que no pueden ser tratadas como cosas distintas. En su lugar, el Aquinate<sup>193</sup> dijo que en el caso del movimiento natural el motor es, en principio, cualquier cosa que haya hecho que el cuerpo esté fuera de su lugar natural. Después de eso, el cuerpo no requeriría ningún motor sino que

<sup>191</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 371.

<sup>192</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 381.

<sup>193</sup> Otra forma de nombrar a Tomás de Aquino.

simplemente haría lo que hace naturalmente. El debate sobre esta cuestión duró toda la Edad Media. Para el movimiento forzado uno de los primeros en oposición a Aristóteles fue Juan Filopón quien afirmó que la causa del movimiento [natural y violento] era por motores internos. En el siglo XIII, algunas teorías que guardaban gran semejanza a la de Filopón fueron rechazadas por Roger Bacon y Tomás de Aquino. En el siglo XIV, la teoría de la fuerza impresa fue defendida, primero por el teólogo Francisco de Marchia y posteriormente por Buridan, punto que por el momento dejamos pendiente. Por ahora nos sea suficiente tener un panorama general acerca de la matematización del movimiento a punto de abordar la obra de los eruditos medievales más sobresalientes y de qué manera fueron posibles sus hazañas. Hombres inmersos en una ciencia pobre en su método pero a la vez deseosa de cambiar por el bien del saber filosófico natural.

Hasta aquí un panorama general del conocimiento que recibe Occidente, que en gran medida fue conservado y desarrollado por Oriente, y que ahora regresa a Europa y será el material de estudio fundamental para las universidades que aparecen a finales del siglo XII y se desarrollarán en el XIII.

## 4.2. LA UNIVERSIDAD DE OXFORD

Tanto las escuelas monásticas (o abaciales) como las escuelas catedralicias (o episcopales) favorecieron el desarrollo del conocimiento antiguo, a través de las cuales emergieron las primeras universidades occidentales, pero sin detener o sustituir el florecimiento de dos de las más importantes órdenes religiosas de la historia. La primera es la de los dominicos, fundada en Tolosa por Domingo de Guzmán (1170-1221) y la otra es la de los franciscanos, fundada en 1209 por Francisco de Asís. Durante el siglo XIII ambas órdenes dieron a las universidades sus más célebres maestros. Por parte de los franciscanos encontramos a Alejandro de Hales, Robert Grosseteste y Roger Bacon. Por el lado de los dominicos tenemos a Alberto Magno y Santo Tomás de Aquino por mencionar algunos. Detengámonos brevemente para analizar parte de su obra.

### 4.2.1. Robert Grosseteste

Desde luego que la estructura de las universidades favoreció el surgimiento de no pocos eruditos en todas las artes y las ciencias humanas, deseosos de explotar el yacimiento de la sabiduría ateniense que por siglos se mantuvo en las profundidades del mundo oriental. Entre las principales universidades encontramos a la de Oxford, de la que destaca Robert Grosseteste, autor de un gran número de comentarios y tratados cortos enfocados a ciencias como la astronomía, la óptica y la física, además de haber sido un excelente traductor. Grosseteste tuvo una visión clara de las doctrinas por lo que no vaciló en reprocharles a

«algunos modernos» querer hacer católico a ese hereje (refiriéndose a Aristóteles), algo que va en contra de la fe cristiana y por supuesto del mismo Aristóteles y de sus comentaristas.

Grosseteste parece ser el primer escritor de la Edad Media en establecer una teoría sistemática y coherente de la investigación experimental y de la argumentación racional. Defendió el «método científico» al afirmar que si varias hipótesis se presentaban como igualmente probables, se debían realizar experiencias que demostrasen cuál es verdadera y cuáles son falsas. *Su criterio fue que* «las cosas de igual naturaleza producen iguales operaciones según su naturaleza; la naturaleza actúa según el camino más corto posible»<sup>194</sup>. También dijo que el investigador debería buscar el *propter quid* (el por qué o la causa) en la matemática, la cual es más universal que las otras ciencias. Con esto quiere decir que la geometría proporciona la razón inteligible del efecto y de ninguna manera que la física sea absorbida por la geometría.

El aprecio que este oxfordiano le tenía a las matemáticas fue debido a que su principal fuente arábica de conocimiento la encontramos en una traducción latina del tratado de matemáticas del Alhacén. Además de esto, Grosseteste estuvo particularmente interesado en el fenómeno de la luz. El primer paso de sus contemporáneos ya lo había dado Suger<sup>195</sup> un siglo antes, cuando ordenó la realización de los grandes ventanales que conforman la abadía de San Dionisio. Grosseteste adquirió su amor por la luz, también, de los tratados de Alhacén sobre óptica (o perspectiva, como era más habitual mencionar a tal ciencia) y de la *Biblia*. En este libro sagrado, Grosseteste puso especial atención al relato bíblico de la creación. Dios creó la luz por su palabra, reconociendo que Dios es Luz. La enseñanza bíblica es llevada por el oxfordiano a formular una gran teoría científica, con la cual se dedicó a explicar el Universo mediante las propiedades de la luz. Grosseteste dijo que un punto de luz al ser creado se difundiría por el Universo formando una esfera de radio finito, cuya frontera sería el lugar donde la luz al rarearse más desaparecería. Con esta simple argumentación, entendemos que nuestro Universo sea creado, finito y esférico. La radiación posterior (desde el límite más remoto del Cosmos hacia el centro) y la diferenciación dieron nacimiento a las esferas celestes y a los rasgos característicos de la región sublunar. En su cosmología los cielos están hechos de un material más rareado que las sustancias terrestres, pero la diferencia es más cualitativa que cuantitativa<sup>196</sup>.

La adhesión a la óptica, una ciencia de por sí matematizada, le ofreció a Grosseteste una interpretación geométrica de los efectos naturales como la reflexión, la refracción y el arco iris, que lo condujo a ver esta ciencia como la clave de toda la física. Como Arquímedes había utilizado las matemáticas para describir el principio de flotación de los cuerpos, ahora Grosseteste las utilizaba para los fenómenos luminiscentes, ambas, ciencias estáticas y matematizadas que en tiempos de Galileo se mostrarán útiles como lo veremos más adelante.

---

<sup>194</sup> J. Jolivet, *La Filosofía Medieval en Occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México D. F. (1990) p. 196.

<sup>195</sup> Suger inició un nuevo estilo arquitectónico clerical que hoy definimos como gótico.

<sup>196</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 313.

Por ejemplo, la mayor comprensión de los fenómenos ópticos favoreció una mejor interpretación de lo que ocurría «dentro» del telescopio facilitando la credibilidad de las observaciones celestes, mientras que por el otro lado, el principio de flotación arquimediano, también una ciencia matemática inspiró el modelo de Galileo en sus primeros trabajos sobre la física del movimiento en lo que concierne a la caída de los cuerpos.

A pesar de la tendencia a matematizar la física, Grosseteste no progresa mucho en el sentido de una geometrización de la naturaleza. Muy al contrario, establece una distinción cuidadosa y clara entre las matemáticas y las ciencias naturales. Por ejemplo, la razón de la igualdad de los ángulos de incidencia y reflexión no reside en la geometría, sino en la naturaleza de la energía radiante.

#### 4.2.2. Roger Bacon

Roger Bacon fue influenciado por Platón, Aristóteles, Agustín, Avicena y también Alhacén. La obra de este último como ya dijimos en diversas ocasiones descansó en el campo de la óptica, quien imprimió un gran avance al método experimental: empleó espejos esféricos y parabólicos, estudió la aberración esférica, el poder de aumento de las lentes y la refracción atmosférica; aumentó los conocimientos sobre el ojo y sobre el proceso visual; solucionó ciertos problemas de la óptica geométrica gracias a su competencia en matemáticas. La traducción latina de la obra de Alhacén sobre óptica ejerció notable desarrollo en la ciencia occidental, especialmente a través de Roger Bacon y Kepler.

La versión del sistema ptolomeico de esferas sólidas, desarrollado por Alhacén, apareció en el siglo XIII. Roger Bacon, que escribía en la década de 1260, parece haber sido el primer estudioso occidental en hacer un análisis completo de este esquema<sup>197</sup>. Aceptó la posición de Alhacén que rechazaba la concepción de una propagación instantánea de la luz, con lo que Bacon fue considerado por algunos como el único hombre de la Europa medieval que tuvo afinidad espiritual con los insignes maestros árabes que le precedieron y con los científicos del Renacimiento que le siguieron. Todo el conjunto de sabios antiguos y musulmanes aunado a su formación que recibió de su maestro Grosseteste terminaron fecundando en él un gran interés por conocer la verdad última sin prejuicios, razón por lo que desde el principio de su carrera fue fuertemente censurado. Sin pudor, atacó los vicios y la ignorancia de hombres pertenecientes a la Iglesia, incluida la orden a la que perteneció, suscitando su propia tragedia. En 1277 el Capítulo General de los franciscanos condenó las «novedades sospechosas»<sup>198</sup> de Roger Bacon encerrándolo en prisión durante catorce años.

Parece que Grosseteste fue el primero en Inglaterra, y tal vez en la Europa occidental que invitó a maestros griegos a que se trasladasen de Oriente para enseñar su idioma en forma clásica, como todavía se enseñaba en Constantinopla. El mismo Bacon sentía la importancia

<sup>197</sup> Entre el grupo de los franciscanos al que pertenecía Bacon, también destacaron Bernardo de Verdún y Guido de Marchia que dieron descripciones del sistema ptolomeico.

<sup>198</sup> Eufemismo de las afirmaciones de Roger Bacon en contra de la iglesia.

de estudiar directamente la lengua original de Aristóteles y del Nuevo Testamento. Nunca se cansó de insistir que el desconocimiento predominante de las lenguas originales era la causa del fracaso de la teología y de la filosofía. Comúnmente las traducciones eran acomodadas a los prejuicios de cada época según las exigencias de los líderes de religión.

Bacon fue un ecuménico, conocedor de idiomas y civilizaciones que quiso lograr un diálogo con todas las culturas y las religiones del mundo conocido hasta entonces. Él dijo: «Una sola sabiduría ha sido dada por un sólo Dios a un sólo mundo y para un sólo fin»<sup>199</sup>. Por medio de la doctrina de la iluminación, creyó posible la integración de los pueblos y las ciencias. En cuanto a la discusión entre la fe y la razón muestra que ambas no se contradecían mutuamente. La revelación y la iluminación divina son parte de una sola sabiduría dada por Dios a todos los hombres. La filosofía y la teología se solicitan recíprocamente y no son posibles la una sin la otra.

Las matemáticas según Bacon, son la puerta y la llave de las ciencias y de las cosas de este mundo que proporcionan un conocimiento seguro de ellas, incluida la naturaleza<sup>200</sup>. Bacon también fue uno de los primeros en emplear el término «ciencia experimental» y en darle no solo la prerrogativa de confirmar o invalidar las conclusiones del razonamiento deductivo, sino aquella mucho más importante de ser la fuente de verdades nuevas e importantes que no pueden ser descubiertas por otros medios. Este oxfordiano creía que sin la experiencia no se podría avanzar en descubrir los secretos de la naturaleza, la medicina, o el magnetismo, por ejemplo. Es sólo a través de la ciencia experimental que se une el razonamiento y el trabajo manual. Si no tuvo el desenlace que potencialmente poseía fue por varias razones, entre ellas fue que la ciencia experimental era vista como una especialidad dentro de una larga lista de ellas (la perspectiva, la astronomía, la alquimia, la ciencia de los pesos, etc.) y no como un método general<sup>201</sup>; la experiencia confirmaba la teoría y no la teoría partía de ella; sin embargo, por el anhelo de integrar todo el conocimiento del mundo conocido, Bacon hizo un llamado para el acopio de datos científicos y promovió un espíritu de experimentación. Él personalmente no fue un matemático o actor del método experimental, lo cual no le impidió exaltar la utilidad y el valor de la ciencia experimental y de los cálculos matemáticos, armas sin las cuales la filosofía no pasaría de ser palabrería hueca. Para él, la experiencia era de dos especies<sup>202</sup> la experiencia *externa* es la que se nos da a través de los sentidos y la experiencia *interna* que es la que nos llega a través de la iluminación divina.

Ta vez el mayor aporte de Bacon fue haber reconocido la utilidad del conocimiento natural previendo así el dominio que el hombre habría de adquirir sobre la naturaleza.

---

<sup>199</sup> Espoz Le-Fort, *De Cómo el Hombre Limitó la Razón y Perdió la Libertad*, Ed. Universitaria, Santiago de Chile (2003) p. 326.

<sup>200</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México D. F. (2000) p. 59.

<sup>201</sup> J. Jolivet, *La Filosofía Medieval en Occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México D. F. (1990) p. 206.

<sup>202</sup> J. L. Trueba, *Ciencia: Una Historia Contada Por Sus Protagonistas*, Tomo II, Ed. Santillana, México (2004) p. 66.

Vaticinó muchas de las conquistas de la ciencia moderna, tales como aparatos para volar, el empleo de explosivos y la propulsión mecánica entre otras muchas. Sin duda esto es lo asombroso: que en una sola mente pudiesen concebirse tal cantidad de inventos que siglos después serían una realidad.

A pesar de todo no puede decirse que Bacon fuese un hombre fuera de su época. Por el contrario, es un gran representante del escolasticismo y eslabón importante en la cadena del desarrollo escolástico. La visión que propuso Bacon, si bien tuvo rechazo entre sus contemporáneos superiores, es del todo improbable que haya sido por asuntos de ciencia y religión, pues Bacon creía que aquélla contribuía al fortalecimiento de ésta, creía que las fuentes del conocimiento eran dos: razón y experiencia en la que solo la experiencia apaga el alma al hacerle intuir la verdad y es fuente de certidumbre, mientras que la razón no llega jamás a desterrar la duda, aun en el dominio de la investigación experimental. Sus investigaciones estuvieron saturadas del carácter mágico y religioso que tuvo la ciencia de los alquimistas. Más bien, sus problemas con las autoridades fueron de carácter moral, no del posterior enfrentamiento de la fe con la razón, característico del Renacimiento. Aunque se respira un clima alentador para la ciencia, lo cierto es que esta época es muy temprana para cantar victoria. Ya lo diría Bacon «Me arrepiento de haberme tomado tantas molestias en destruir la ignorancia». Tiempos difíciles los que vivió Roger Bacon y una cierta desesperanza lo embargaron al final de su carrera.

Tanto Grosseteste como Bacon creyeron posible la reducción de toda la física mediante la ciencia de la óptica, un espíritu contrario a Aristóteles y a favor de la unificación de las disciplinas. También, ambos personajes le dieron importancia fundamental a las matemáticas como herramienta para la descripción de la naturaleza: las matemáticas dependían en parte de la experiencia. Hacer ciencia de la naturaleza es examinar los fenómenos y captar su ley numérica o geométrica<sup>203</sup>. Decía Grosseteste que «La utilidad de considerar líneas, ángulos y figuras es máxima, pues imposible resulta sin ellas saber filosofía natural»<sup>204</sup>

A pesar del entusiasmo que tuvo Bacon acerca de las enseñanzas aristotélicas y la inclinación hacia la nueva filosofía, la orden franciscana a la que perteneció asumió una actitud cautelosa. Una de las personas que contribuyó más decisivamente a configurar esta posición fue el franciscano italiano Buenaventura, que estudió y dio cátedra en París. Este último respetaba la filosofía aristotélica, quien sacó su lógica y mucho de su metafísica de ella y —como Grosseteste y Bacon— estaba fuertemente influenciado por Agustín y la tradición neoplatónica, aprobando la validez sobre la aplicabilidad de la filosofía pagana como un instrumento que había que usar en beneficio de la teología y de la religión. Era pesimista respecto a la capacidad de la razón sola, sin la ayuda de la iluminación divina, para

---

<sup>203</sup> J. Jolivet, *La Filosofía Medieval en Occidente*, Vol. 4, Ed. Siglo XXI, México D. F. (1990) p. 205.

<sup>204</sup> Espoz Le-Fort. *De Cómo el Hombre Limitó la Razón y Perdió la Libertad*, Ed. Universitaria, Santiago de Chile (2003) p. 324.

descubrir la verdad; sin embargo, no hay que caer en el anacronismo, pues a pesar de lo sorprendente de la obra de Bacon y Grosseteste en el terreno científico, su interés por la ciencia era esencialmente teológico, para ellos el conocimiento científico, junto con la revelación, sólo formaba parte de una sapiencia destinada totalmente a la contemplación y el servicio de Dios.

#### 4.2.3. Los *Calculatores*

La tradición de Grosseteste y Bacon, en el campo de las matemáticas y la filosofía natural, fue continuada por el grupo de estudiosos asociados al Merton College de la Universidad de Oxford conocidos con el nombre de *calculatores* o mertonianos<sup>205</sup>. Los personajes más sobresalientes de este grupo fueron Thomas Bradwardine, que sería nombrado arzobispo de Canterbury, William Heytesbury, John Dumbleton y Richard Swineshead (el *Calculator*), quienes aplicaron las matemáticas a la resolución de problemas, principalmente al movimiento mecánico llegando a enunciar la definición precisa de los conceptos de velocidad y aceleración en términos abstractos e idénticos a los que actualmente utilizamos: un movimiento es uniformemente acelerado si su velocidad aumenta mediante incrementos iguales en iguales unidades de tiempo. Pero detengámonos en analizar la verdadera naturaleza de su obra.

Bradwardine, en su tratado *De Proportionibus* empleó un álgebra de palabras, que también adoptarían los demás *Calculatores*. Heytesbury y otros más determinaron matemáticamente la distancia recorrida por un cuerpo que se desplaza con un movimiento uniformemente acelerado, afirmando *que* si se recorre cierta distancia con un movimiento acelerado, la misma distancia se recorrería con un movimiento uniforme si su velocidad fuera la velocidad media del movimiento acelerado<sup>206</sup>. Este enunciado se le conoce con el nombre de velocidad media de Heytesbury o teorema del Merton College. Más explícitamente, el teorema dice que para un intervalo de tiempo dado, la distancia recorrida del objeto será la misma para el movimiento acelerado que para la velocidad promedio de ese movimiento acelerado. Algo completamente cierto, y no sólo eso, Heytesbury, en su obra *Probationes conclusionum*, nos enuncia otro importante hallazgo denominado el teorema de las distancias: «si un móvil acelera uniformemente su movimiento desde el grado cero hasta el grado cualquiera durante una hora, en la segunda hora recorrerá precisamente tres veces la distancia recorrida en la primera hora»<sup>207</sup>

---

<sup>205</sup> J. J. Pérez, *Domingo de Soto en el Origen de la Ciencia Moderna*, Ed. Complutense, Madrid España (1994) p. 458.

<sup>206</sup> M. Campuzano, *Kepler y Newton. Encuentros con la Armonía Sideral*, Ed. Vision Libros. Madrid (2011) p. 64.

<sup>207</sup> Este enunciado es un caso particular de lo que después nos hablaría Galileo, quien diría que para un mismo incremento de tiempo, la distancia recorrida en un movimiento acelerado es como la serie de los números impares. En el caso de los calculatores tenemos el uno y el tres que son los primeros dos números impares. M. Campuzano, *Kepler y Newton. Encuentros con la Armonía Sideral*, Ed. Vision Libros. Madrid (2011) p. 64.

También Heytesbury y Swineshead hicieron explícita la diferencia entre dinámica y cinemática resaltando que el movimiento puede ser examinado desde el punto de vista de la causa o del efecto. También desarrollaron el marco conceptual y el vocabulario para estudiar el movimiento en términos puramente descriptivos; introdujeron los conceptos de velocidad y velocidad instantánea con el atributo de asignarles una magnitud; dieron la definición actual de lo que es el movimiento uniformemente acelerado<sup>208</sup> y las diferencias con el movimiento uniforme<sup>209</sup>.

La aparición de la velocidad como una nueva medida del movimiento, acompañada de viejos parámetros como la distancia y el tiempo, fueron posibles gracias al análisis filosófico de las cualidades y su gradación o intensidad. Después de todo, la velocidad es un concepto completamente abstracto, que no se imponía por sí mismo al observador de cuerpos móviles, sino que tenía que ser inventada por los filósofos naturales e impuesta a los fenómenos. De hecho, cuando comenzamos a analizar la intensidad de la cualidad «movimiento» inmediatamente nos remitimos al concepto de velocidad como su agente de intensidad.

Las noticias del logro del Merton College en el análisis de las cualidades se transmitieron rápidamente a los demás centros intelectuales de Europa. En este proceso el análisis se enriqueció y clarificó con la adición de un sistema de representación geométrica bastante elaborado. Uno de los primeros en desarrollar un sistema de este tipo fue Giovanni di Casali, oriundo de Bolonia, que escribió hacia 1351. Algo más tarde, en la misma década, Nicole Oresme, formuló un análisis geométrico mucho más elaborado como lo veremos más adelante.

#### 4.2.4. Thomas Bradwardine

Thomas Bradwardine se empeñó en analizar el movimiento en términos matemáticos<sup>210</sup>. Comenzó por darle una formulación matemática (álgebra de palabras) a cada una de las alternativas que se conocían en su tiempo, de las que identificó tres:

- a) Primera teoría —que es la representación tradicional de Aristóteles— dice que la velocidad del móvil es proporcional a la fuerza aplicada e inversamente proporcional a la resistencia.
- b) Segunda teoría —que representa principalmente la idea de Filopón y Avempace— dice que la velocidad de un objeto es directamente proporcional a la diferencia de la fuerza aplicada al objeto menos la resistencia del medio ambiente.

<sup>208</sup> Movimiento cuya velocidad tiene incrementos iguales en unidades de tiempo iguales.

<sup>209</sup> M. Campuzano, *Kepler y Newton. Encuentros con la Armonía Sideral*, Ed. Vision Libros. Madrid (2011) p. 65.

<sup>210</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 386.

- a) Tercera teoría —sugerida de un pasaje de Averroes— dice que la velocidad es directamente proporcional al cociente de la diferencia de la fuerza aplicada menos la resistencia, en inversamente proporcional a la resistencia. Esta alternativa es una combinación de los dos incisos anteriores.

Bradwardine refutó las tres teorías anteriores por llegar a claras inconsistencias. La primera teoría falla porque no predice una velocidad nula cuando la resistencia es igual a, o mayor que, la fuerza. La segunda y la tercera teoría fracasan debido a que contradicen el principio de Aristóteles según el cual si se duplica tanto la fuerza como la resistencia se mantendría la velocidad inalterable.

La salida que propuso Bradwardine es complicada pero la idea es que la velocidad crece aritméticamente mientras que la razón de la fuerza entre la resistencia crece geométricamente. Es decir que para doblar la velocidad debemos elevar al cuadrado la razón de la fuerza entre la resistencia; para triplicarla, dicha razón debe elevarse al cubo.

La ley de Bradwardine fue asimilada por Richard Swineshead y Nicole Oresme en el siglo XIV, incluso discutida hasta el siglo XVI<sup>211</sup>; sin embargo, Bradwardine no descubrió ni defendió su ley por medios experimentales. La tarea emprendida por los estudiosos medievales fue la formulación de un marco conceptual y matemático adecuado para analizar el movimiento. La tarea adicional de interrogar a la naturaleza, para descubrir si aceptaría el marco conceptual así formulado, se dejaba a las generaciones futuras. Todas estas conclusiones e hipótesis jamás fueron aplicados a ningún fenómeno natural; eran ejercicios puramente matemáticos.

#### 4.2.5. Dos tipos de movimiento: *forma fluens* y *fluxus formae*

Entre los oxfordianos también tenemos a William de Occam, cuyos seguidores sostenían que el «movimiento» se refería única y exclusivamente al móvil y a los lugares, grados de cualidades y cantidades que adquiriría aquél de manera sucesiva (teoría denominada *forma fluens* o forma fluyente). Esta opinión también era defendida por los calculatores Bradwardine, Heytesbury y Richard Swineshead. De este mismo grupo se levantó Walter Burley quien defendía el llamado *fluxus formae* (flujo de la forma), teoría alternativa a la de los occamistas, que decía que debía haber algo más a tomar en cuenta si se quería entender realmente la esencia del movimiento.

Burley presentó una teoría del cambio cualitativo en términos de lo que él llamó «la sucesión de las formas», mediante las cuales concebía al movimiento en forma global y no sólo en términos de los puntos de inicio y fin del proceso. Según esta teoría no existe un punto final del movimiento sino un número infinito de éstos, correspondiendo cada uno a cada instante del movimiento. El problema con esta teoría se encuentra en la continuidad, y es que nunca ocurre que dos formas adquiridas sean inmediatas una de la otra (aunque

---

<sup>211</sup> *Ibid.*, p. 388.

podieran ser infinitas en número no implica que la trayectoria sea un continuo). Es así como Burley presenta la teoría del *fluxus formae* que proveyó de la continuidad solicitada.

Por el lado de los seguidores de la *forma fluens*, el movimiento es indistinguible del cuerpo en movimiento, por lo que no podemos hablar del movimiento como un ente aparte del móvil. Lo único distinguible son el cuerpo en movimiento y sus sucesivos lugares. El movimiento no es una cosa existente, sino el proceso por el que el objeto llega a ocupar lugares sucesivos. Mientras tanto, los partidarios del *fluxus formae*, dijeron que, además del cuerpo y los lugares sucesivamente ocupados por el cuerpo, había algo más que es inherente al cuerpo en movimiento y que podemos llamar «movimiento».

Occam defendió la *forma fluens* de la siguiente manera. No niega la existencia del movimiento, solo de entenderlo como una cosa. «Movimiento» es un término abstracto que no corresponde a ninguna entidad realmente existente. El problema reside en considerar una sentencia como la siguiente: «Todo movimiento es producido por un motor», entendiéndose así que el sustantivo «movimiento» representa una cosa real, como a menudo tienen la función el sustantivo de una oración; sin embargo, podemos reemplazar esta sentencia con una de equivalente contenido dinámico, pero de diferentes implicaciones en cuanto a la naturaleza del movimiento: «Toda cosa que se mueve es movida por un motor». Aquí el sustantivo «movimiento» ha desaparecido, y con él la implicación de que el movimiento pueda ser una cosa real. Según Occam, de las dos sentencias anteriores debemos de elegir la que sea más económica. Aunque las dos afirmaciones hacen la misma suposición dinámica, el mundo en el que el movimiento no es una cosa existente es un mundo más económico, debido a que en él hay menos cosas. Naturalmente debemos de considerarlo como el mundo real a menos que haya argumentos convincentes en contra.

Para la *forma fluens* el movimiento es, en cada momento, idéntico con el término alcanzado en ese mismo instante, que son las formas sucesivas; y lo que está *in fluxu*, es el móvil. Idea generalmente aceptada en los siglos XIII y XIV (incluyendo, por ende, a Tomás de Aquino y Duns Escoto), y después solitariamente defendida, en una versión extrema (según el cual el movimiento es en principio idéntico con el móvil, y éste pasa, sucesivamente, de un término a otro).

La segunda acepción, en cambio, no empieza a ganar terreno sino a mediados del siglo XIV. Según ésta, el movimiento como *via ad terminum*<sup>212</sup> es un estado especial del cuerpo en movimiento, diferente del término *ad quem*<sup>213</sup>; no pertenece a la misma categoría de su término, ni a ninguna otra. Es más bien una realidad, hasta cierto punto independiente, que inhiere al cuerpo como si fuera un accidente de éste. Lo que está *in fluxu* no es el móvil sino la forma cambiante.

---

<sup>212</sup> Camino hacia el fin.

<sup>213</sup> Literalmente significa hasta el cual y se pronuncia para indicar el final de un proceso.

El principal defensor del *fluxus formae* fue Jean Buridan. Para él había una gran incongruencia si nos plantáramos en la visión del *forma fluens* y aceptáramos al mismo tiempo que Dios, en su absoluto poder, dotó al Cosmos como un todo de un movimiento rotatorio. Sabemos que Aristóteles definió el lugar en términos de los cuerpos circundantes, pero dado que el Cosmos no está rodeado por nada (pues cualquier continente habría de ser considerado parte del Cosmos) parece que no tiene lugar, y sin lugar propio, mucho menos podría cambiar de lugar y entonces no poseería ningún movimiento. Pero esta conclusión es incompatible con el punto de partida del argumento: el indiscutible supuesto de que Dios es capaz de dar al Cosmos movimiento rotatorio. La solución —pensó Buridan— fue aceptar la concepción más amplia del movimiento de la *fluxus formae*. Si el movimiento no es el simple cuerpo y sus sucesivos lugares, sino un atributo adicional del cuerpo móvil análogo a una cualidad, entonces el Cosmos podía poseer este atributo incluso en ausencia de lugar, y la dificultad sería, al menos, parcialmente superada. La implicación de esta teoría —que el movimiento es una cualidad, o algo que podía ser tratado como una cualidad— acabó siendo bastante común entre los filósofos naturales de la segunda mitad del siglo XIV<sup>214</sup>.

En ambas teorías se trata, entonces, de la idea de un fluxus; sin embargo, la diferencia es considerable. Entender el movimiento como *forma fluens* equivale a negarle una identidad ontológica propia, dado que se reduce a una secuencia de términos «finales». Al considerarlo, en cambio, un *fluxus formae*, se le atribuye una realidad que se asemeja al de un accidente: en este caso, el movimiento tiene la identidad ontológica de un estado del móvil. Referido al movimiento local, ello significa que...

...la *forma fluens*...se puede entender como todas las posiciones ocupadas por el móvil; mientras que el flux formae correspondería a la existencia en el móvil de una cualidad diferente al lugar ocupado<sup>215</sup>.

#### 4.3. LA UNIVERSIDAD DE PARÍS

Duns Escoto, quien fue profesor en Oxford y París, colocó en su cosmogonía el libre albedrío del ser humano como su principal atributo, muy por encima de la misma razón, bastión primordial de la rebelión contra la alianza entre la filosofía y la religión que siempre buscaron los escolásticos. Este proceso iniciado por Escoto fue continuado por Occam, una mente más radical y que incluso llegó a afirmar que ninguna afirmación teológica podía demostrarse por la razón. Ambos, aunque no buscaban una separación total entre filosofía y teología, disminuyeron su área de solapamiento cuestionando la capacidad de la filosofía para afrontar

<sup>214</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 370.

<sup>215</sup> Knabenchuh, *Ontología del Movimiento en la Cosmología Venezolana del siglo XVIII*, Centro de Estudios Filosóficos, Universidad de Zulia (1996) p. 110.

los artículos de la fe con certeza demostrativa. Con ello los artículos de la fe ya no estaban abiertos a la demostración filosófica, sino que debían ser aceptados por la propia fe.

El problema de la doble filiación de la verdad empalmó con el resurgir del nominalismo, o sea, la creencia en que no hay más realidad que la de las cosas individuales y que las ideas universales pertenecen al mundo de puros nombres o conceptos mentales, una teoría que sostuvo especialmente Jean Buridan. Por el bando opuesto tenemos a los realistas, cuyo afán era deducir lo individual de lo universal, yendo de abstracción en abstracción.

Con el resurgir del nominalismo se fijó más la atención en los objetos de percepción inmediata de los sentidos, se despertó el espíritu de desconfianza contra las abstracciones, se fomentó con el tiempo la observación directa, la experimentación y la investigación inductiva.

Tanto Buridan como su discípulo Nicole Oresme que, aunque exponen una física cualitativa (es decir, aristotélica), introdujeron elementos que consideramos opuestos de la visión aristotélica del Mundo. Por ejemplo, el Universo ya no sería más irreconciliablemente fracturado, o lo que es todavía más interesante, se comenzaría a hablar de «un tipo» de inercia mecánica en el marco de una nueva física<sup>216</sup>: la física del *impetus*. Los parisinos confirmaron la tradición de los calculadores del Merton College (movimiento al que también perteneció Walter Burleigh, maestro de Buridan), utilizando las matemáticas en el cálculo del movimiento. Analicemos detenidamente la teoría del *impetus* a través de sus principales exponentes.

#### 4.3.1. *Impetus*

Recordemos que todas las teorías sobre el movimiento de los cuerpos emergieron como críticas a la física aristotélica del movimiento, misma que se mostró deficiente principalmente en tres cuestiones: el lanzamiento de proyectiles, la caída acelerada de los cuerpos y el movimiento planetario. Y como una situación casi inevitable, cuando queremos resanar estas grietas de la física aristotélica tenemos que hablar de un *impetus*. Es por eso que la idea de un *impetus* o fuerza adquirida por los cuerpos en movimiento es mucho más antigua que los nominalistas parisinos y éstos solo supieron asirse de algo que ya tenía tiempo construyéndose. El primero de ellos fue el alejandrino Hiparco, que en el siglo II a. C. formuló una teoría similar<sup>217</sup> al *impetus* parisino. Pensando en el movimiento ascendente de los proyectiles, dijo Hiparco que de algún modo la fuerza impulsora persistía en el proyectil, disminuyendo gradualmente. Además creyó que —para el caso de los cuerpos que se encontraban a cierta altura y después eran soltados— la fuerza que los mantenía elevados era la misma fuerza que actuaba en lo sucesivo y por eso, después de retirado el soporte, el cuerpo

---

<sup>216</sup> Física, como ya dijimos, que no deja de ser aristotélica pero que guarda elementos que contradicen al aristotelismo. Sin duda una física que es digna de ser el puente entre la física antigua y la física galileana.

<sup>217</sup> A. Sepúlveda Soto, *Los conceptos de la Física. Evolución Histórica*, Ed. Universidad de Antioquia, Colombia (2003) p. 64.

en caída comenzaba su movimiento con una velocidad muy pequeña que poco a poco se incrementaba al mismo ritmo que menguaba dicha fuerza impulsora que en un principio mantenía el cuerpo en las alturas. Así es, este tipo de *impetus*, Hiparco lo asociaba incluso a los objetos en reposo a condición de estar ubicados en un lugar elevado.

Por el siglo VI Juan Filopón, quizás el único<sup>218</sup> de la Edad Media que opinaba algo diferente sobre el movimiento, argumentó que el medio no puede ser la causa del movimiento del proyectil, trayendo a discusión situaciones como ¿por qué haría falta que la mano tocará la piedra? Uno puede perturbar el aire golpeándolo o agitándolo fuertemente y no por ello se movería la piedra. También ocurre que una piedra relativamente pesada puede ser lanzada más lejos que una ligera, lo cual debería ocurrir al contrario si el aire fuera el responsable del movimiento. Con todo esto, Filopón concluyó que la teoría aristotélica no podía explicar el movimiento violento, ya que es necesario que un cierto poder incorpóreo sea transmitido al proyectil mediante el acto del lanzamiento.

Tanto Aristóteles como Filopón negaron el vacío, sólo que sus argumentaciones fueron diametralmente opuestas. Mientras Aristóteles pensaba que el vacío era imposible porque permitiría movimientos infinitos. El alejandrino apeló más bien a la observación real de modo más efectivo que por cualquier clase de argumentación verbal. Decía: si dejas caer dos pesos desde la misma altura el uno muchas veces más pesado que el otro, veremos que la razón de los tiempos requeridos para el movimiento no depende únicamente de la razón de los pesos, pues la diferencia en el tiempo de la caída de ambos objetos es muy pequeña. De este modo, si la diferencia de los pesos no es considerable, esto es, si uno es, digamos, el doble del otro, no habrá diferencia, o bien una diferencia imperceptible, en el tiempo en la misma razón de los pesos<sup>219</sup>. En todo caso Aristóteles estaba equivocado y la experiencia es una mejor herramienta que la mera argumentación filosófica.

El musulmán Avicena tenía una idea semejante a Filopón, sólo que él afirmó que el movimiento proseguiría indefinidamente en ausencia de obstáculos<sup>220</sup>. Avempace, otro filósofo natural musulmán, también desarrolló y defendió a Filopón.

A través de la cultura musulmana, principalmente de la obra averroísta la controversia paso a Occidente, donde fue reanudada por Thomas Bradwardine y también por Francisco de Marchia. Este último afirmó que la causa agente provocaba en el móvil una cualidad accidental que tenía una duración limitada.

---

<sup>218</sup> R. G. Villoslada, *La Universidad de París Durante los Estudios de Francisco de Vitoria*, Ed. Universidad Gregoriana, Roma (1938) p. 203.

<sup>219</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 385.

<sup>220</sup> M. Artigas, *Nicolás Oresme, Gran Maestro del colegio de Navarra, y el Origen de la Ciencia Moderna*, Publicado en Príncipe de Viana (suplemento de ciencias), año IX, no. 9, Suplemento anual (1989) p. 297.

#### 4.3.2. Jean Buridan

Jean Buridan era conocedor de la obra lingüística y atento lector de Aristóteles, por lo que su interés se inclinó a la lógica y la ciencia natural. Buridan no obtuvo, en toda su vida académica algún grado teológico<sup>221</sup>, lo que no le impidió tomar algunos conceptos de esta área para su cosmovisión. Éstos fueron principalmente la omnipotencia divina y el descanso de Dios en el día séptimo de la creación.

Buridan dijo que por la omnipotencia de Dios se podía admitir la hipótesis de un espacio vacío más allá de la esfera de las estrellas fijas<sup>222</sup> y también por la misma omnipotencia divina todos los movimientos, tanto terrestres como celestes, deberían de estar descritos por un único sistema de leyes, pues lo más lógico es pensar en un solo poder sobre una sola creación. Respecto al descanso en el séptimo día, el Creador al haberles dado un *impetus* inicial a los objetos celestes, lo hizo de una vez y para siempre, posibilitándose así el hecho de que Dios, después de haberlo creado todo perfecto y en movimiento, pudiese descansar en el séptimo día. Claramente lo anterior contradice las enseñanzas aristotélicas de la imposibilidad del vacío, la división absoluta del Cosmos en supra y sublunar y, desde luego, la visión de un Dios como una fuerza ininterrumpida de acción sobre el Universo, por eso el trabajo de Buridan es realmente ingenioso.

En la teoría aristotélica el reposo no necesita explicación o causa de que exista o se mantenga, pues es simplemente ausencia de movimiento. En cuanto al movimiento natural, éste viene de una causa interior, a saber, la naturaleza misma del cuerpo que es intrínseca. Asimismo la permanencia de dicho movimiento es debida también a la naturaleza misma del objeto que lo conducirá hasta que el objeto llegue a su lugar natural. Para el movimiento violento la causa del movimiento es la existencia de un motor externo, y para que continúe es necesario que el motor no se separe del móvil, como un dispositivo mecánico o el medio que lo rodee que, en cualquiera de los dos, terminará cediendo al movimiento natural. Para la región supralunar la causa del movimiento es nuevamente la naturaleza intrínseca de los cuerpos celestes que les demanda uniformidad y circularidad. Desde el marco que establece la teoría del *impetus* los argumentos cambian.

El reposo es explicado como ausencia de *impetus*. El movimiento natural ocurre por un *impetus* otorgado al objeto por su propia pesantez, y los grados de velocidad son consecuencia de una acumulación de *impetus* (por incremento de una pesantez accidental), en las dos fases del movimiento natural el *impetus* es intrínseco al objeto. Para el movimiento violento, en la fase inicial, el motor da un *impetus* inicial mismo que se impregna en el cuerpo (como una cualidad interna y propia del objeto) que lo mantiene en movimiento y que desaparece poco a poco de forma análoga a la reverberación de una campana que continua

---

<sup>221</sup> Fue solo un “maestro en artes”

<sup>222</sup> L. Prieto López, Buridan, *El Impetus y la Primera Unificación de la Física Terrestre y Celeste*, Artículo publicado en la revista italiana “21mo. Secolo: scienza e tecnologia” (2008) p. 354.

produciendo sonido sin que el badajo continúe golpeándola para finalmente silenciarse<sup>223</sup>. A diferencia de la postura aristotélica este *impetus* violento se vuelve intrínseco al objeto, aunque como el primero, su duración es finita. Para el caso del movimiento celeste, el *impetus* es perpetuo y constante, aunque no para el movimiento lineal (sino circular), y tiene la similitud con el movimiento violento en que el *impetus* es adquirido externamente (otorgado por el Creador) por el objeto y después se vuelve intrínseco al mismo.

La teoría del *impetus*, que si bien no consiguió sustituir a la teoría aristotélica, fue un esfuerzo admirable en dirección a la matematización de la naturaleza y el principio de inercia, pues de la misma manera en que la concepción aristotélica del mundo dio como fruto el *impetus* parisino, este último procreará el principio de inercia en sus entrañas. Por mientras, el hombre de la Baja Edad Media tendrá por vasto la descripción cualitativa de la realidad aparente de las cosas imperfectas de este mundo, ahora revestida de la teoría del *impetus*.

El temor a un vacío conceptual hará que el hombre sea incapaz de abandonar completamente la física aristotélica sin antes tener en sus manos una física totalmente consolidada desde sus bases filosóficas, suceso reservado exclusivamente a la física renacentista.

a) El movimiento supralunar

En sus *Quaestiones in libros Physicorum* (libro IV) Buridan dijo:

Hay una imaginación que yo no sabría refutar de modo demostrativo. Según esta imaginación, Dios, desde la creación del mundo, movió los cielos con [una cantidad de] movimiento idéntica a aquélla con la que se mueven actualmente, imprimiéndoles un *impetus* con el que han continuado moviéndose uniformemente hasta el día de hoy. Este *impetus*, no encontrando ninguna resistencia contraria, no se extingue ni se debilita. Del mismo modo decimos que una piedra es movida (una vez abandonada la mano que la ha lanzado) por un *impetus* que ha sido impreso en ella; pero la gran resistencia que encuentra tanto en el medio como en su inclinación hacia otro lugar, hace que el *impetus* de la piedra disminuya continuamente hasta desaparecer. Por tanto, según esta imaginación, no es necesario admitir que las inteligencias sean los motores de los cuerpos celestes [...]; ni siquiera es necesario que sea Dios quien los mueva, excepto bajo la forma de aquel influjo general, por el cual decimos que Dios coopera en todo aquello que es.

---

<sup>223</sup> Tanto Buridan como Benedetti y Galileo explicaron la naturaleza del *impetus* en analogía con la reverberación de la campana o el calor adquirido por una barra de metal. En ambos casos, ni el sonido ni el calor desaparecen instantáneamente, sino progresivamente hasta extinguirse.

A través de la afirmación anterior, observamos que es posible mantener un movimiento perpetuo solamente con un *impetus* inicial adquirido en una sola acción, y que no menguará mientras no haya fricción o algún otro obstáculo. Este movimiento perpetuo es el circular, que Dios ha dado al comienzo de la Creación. Aunado a esto, y siendo que en la *Biblia* no se mencionan la existencia de las inteligencias aristotélicas encargadas de comunicar el movimiento que les es propio a los cuerpos celestes, es lícito, por tanto, pensar que no existen tales inteligencias. Ni hay inteligencias motoras ni el motor es inseparable del móvil. «La teoría del movimiento perpetuo de las esferas celestes, germen de donde brotará el principio de la inercia, es presentada por Buridan como el epílogo mecánico del descanso divino en el séptimo día de la Creación»<sup>224</sup>

Aunque ésta es una nueva visión de la física celeste, aún posee una remarcada influencia aristotélica. Por ejemplo, Buridan vio al movimiento circular como el único movimiento perfecto del Universo en el que podemos encontrar la eternidad. Imaginar un movimiento lineal eterno es equivalente a imaginar un Universo infinito, algo imposible de creer para las mentes escolásticas. Es por eso que mediante la afirmación anterior corroboramos que en verdad, la física celeste del parisino, es aristotélica.

b) El movimiento en el lanzamiento de proyectiles

Una característica de la teoría aristotélica es que concebía como metafísicamente imposible la acción a distancia del motor sobre el móvil, ya que supondría una negación del principio de causalidad: no hay efecto si no hay contacto. Por eso la alternativa que Aristóteles propuso fue admitir que el movimiento de los proyectiles era sostenido por el mismo aire que nunca dejaba de tener contacto con el móvil. Para negar dicha afirmación Buridan nos proporciona un contraejemplo<sup>225</sup>. Pide que nos imaginemos una lanza en cuya parte trasera presente una forma cónica tan afilada como su punta; dicha lanza, una vez arrojada, se desplazaría tan rápidamente como si su parte posterior no tuviera forma cónica. Ahora, por la estructura de la flecha el aire que sigue a la lanza no puede presionar del modo indicado sobre la extremidad afilada, pues se vería fácilmente hendido por ésta. Por lo tanto tenemos que concluir que el aire no es el agente sustentador de movimiento sino algún otro ente imprimido en la flecha a modo de un cierto *impetus* o fuerza motriz; en todo caso el aire se opone al movimiento. Cuando alguien «quiere saltar lejos, retrocede y corre con rapidez para adquirir por medio de la carrera un *impetus* que, durante el salto, lo transporte a una cierta distancia. Por otro lado, mientras corre y salta, aquella persona no siente de ningún modo que el aire lo transporta, sino, bien al contrario, que le ofrece resistencia»<sup>226</sup>. Descartando el medio, debe

<sup>224</sup> L. Prieto López, Buridan, *El Impetus y la Primera Unificación de la Física Terrestre y Celeste*, Artículo publicado en la revista italiana “21mo. Secolo: scienza e tecnologia” (2008) p. 369.

<sup>225</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, México (1978) p. 166.

<sup>226</sup> L. Prieto López, Buridan, *El Impetus y la Primera Unificación de la Física Terrestre y Celeste*, Artículo publicado en la revista italiana “21mo. Secolo: scienza e tecnologia” (2008) p. 363.

haber algo más que impulse al proyectil en su movimiento y esto es lo que llamamos el *impetus*.

Para entender el *impetus* parisino aplicado al lanzamiento de objetos sugerimos observarlo en dos etapas. En la primera parte el proyectil es movido por el motor que le da una velocidad: cuanta mayor velocidad le dé éste y cuanta más materia tenga el proyectil, mayor será el *impetus* impreso adquirido violentamente que posea el objeto. En la segunda etapa el movimiento se mantendrá por este *impetus*, mismo que tenderá a disminuir a causa de factores externos como la resistencia del aire y la gravedad del cuerpo. En esta nueva etapa se comienza a diluir la idea de lugar natural, es decir, comenzamos a dirigir nuestra atención al punto donde comienza el movimiento (condiciones iniciales) y dejamos un poco de lado donde termina (lugar natural).

Como ya dijimos, el *impetus* está en función de dos elementos: la cantidad de materia y la velocidad que el motor imprime en el móvil. Por eso, dijo Buridan «que se puede lanzar más lejos una piedra que una pluma, o también que un trozo de hierro o de plomo llega más lejos que un trozo de madera del mismo tamaño. [...] que la causa de ello es que todas las formas y disposiciones naturales son recibidas en la materia en proporción a la [cantidad de] materia. Por lo tanto, cuanta más materia contiene un cuerpo, tanto mayor será el *impetus* que recibe»<sup>227</sup>. Este impulso o fuerza o cualidad Buridan lo asemeja a la acción que un imán ejerce sobre un pedazo a metal que lo mueve hacia sí sin contacto directo con el objeto<sup>228</sup>.

Nosotros creemos que si le hubiéramos exigido a Buridan una forma algebraica para describir el *impetus* habría escogido una proporción directa entre éste y la velocidad del objeto. Para Buridan la masa es la materia prima determinada por el accidente cantidad y aunque Buridan utiliza los términos cantidad de materia (masa) y velocidad para entender lo que significa el *impetus*, sólo lo hace pensando de manera cualitativa. Eso es lo realmente curioso; que este *impetus* buridaniano —cualitativamente hablando— conjuga los dos conceptos que definirían después a la *cantidad de movimiento* actual, que son la masa y la velocidad.

Finalmente para Buridan había dos tipos de *impetus* que están en analogía a los dos tipos de movimiento según Aristóteles: el *impetus* violento que mueve el cuerpo contrario a su inclinación natural mismo que es extrínseco; y el movimiento natural que lo mueve en favor de su condición natural y que viene de la pesantez del objeto por lo que es intrínseco.

---

<sup>227</sup> *Ibid.*

<sup>228</sup> Esta analogía también fue comúnmente utilizada por Buridan. Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 382.

## c) El movimiento en la caída acelerada

La explicación más ampliamente aceptada entre los filósofos del siglo XIII<sup>229</sup> sobre la caída acelerada de los graves fue la teoría de Temistio (siglo IV), quien, interpretando la doctrina de Aristóteles, afirmó que los graves descendían cada vez más rápido, porque su peso aumentaba a medida que se acercaba a su lugar natural (centro del mundo). Dos teorías alternativas a la de Temistio y que conocemos por la boca de Salviati<sup>230</sup> utilizaron al medio como método explicativo. La primera de estas —del siglo VI— decía que la velocidad del objeto aumentaba porque, al ir descendiendo, se encontraba con capas de aire de un espesor cada vez menor, oponiendo una menor resistencia. La segunda teoría se remontaba al tratado medieval *De ponderibus* (probablemente del siglo XIII), y sostenía que el cuerpo al caer daba un movimiento a las capas de aire que le iban empujando y, de este modo, aumentaba continuamente su velocidad.

Después de que Buridan hubiese descartado las teorías anteriores, y aunado a postulados que él aceptó innegables como que la gravedad natural no varía a lo largo de la caída, pues no parece que el objeto aumente de peso; que la resistencia del medio es siempre la misma o en todo caso menor en la parte superior por estar más enrarecido; siendo el móvil el mismo y el motor total el mismo, resulta natural concebir que el movimiento ocurre a una velocidad uniforme porque la relación entre motor, móvil y resistencia del móvil es siempre la misma. Pero en realidad se produce un incremento progresivo de la velocidad «Por lo que es necesario concluir que a este movimiento concurre *algún otro motor diverso de la gravedad natural*, que desde el inicio permanece constante [...] De su motor principal, que es su natural pesadez, un grave no adquiere más que un movimiento. Pero con este movimiento, el grave adquiere un cierto *impetus*, como un poder añadido de mover al cuerpo, permaneciendo inmutable la gravedad natural. Este *impetus* es adquirido como consecuencia del movimiento. Así, cuanto más veloz es el movimiento, más fuerte e intenso llega a ser el *impetus*. De manera que el grave es movido, al mismo tiempo, sea por gravedad, sea por este *impetus* creciente, por lo que su movimiento debe ser continuamente acelerado hasta alcanzar su término [...] Hay que decir que algunos han dado a este *impetus* el nombre de *gravedad accidental*»<sup>231</sup>

En pocas palabras, la causa del primer movimiento de un cuerpo en caída es su propia pesadez natural. Después, este movimiento se corresponde con un cierto *impetus* que aumenta al mismo ritmo que lo hace la velocidad, pues «cuanto mayor es el movimiento, más

<sup>229</sup> L. Prieto López, Buridan, *El Impetus y la Primera Unificación de la Física Terrestre y Celeste*, Artículo publicado en la revista italiana “21mo. Secolo: scienza e tecnologia” (2008) p. 365.

<sup>230</sup> C. Azcárate, *Galileo Galilei. La Nueva Ciencia del Movimiento*, Ed. Bellaterra, (1988) p. 56.

<sup>231</sup> L. Prieto López, Buridan, *El Impetus y la Primera Unificación de la Física Terrestre y Celeste*, Artículo publicado en la revista italiana “21mo. Secolo: scienza e tecnologia” (2008) p. 367.

vigoroso se hace el *impetus*»<sup>232</sup>. Es como si el objeto pesara más, por eso el nombre de gravedad accidental.

Según Koyré<sup>233</sup>, la teoría del *impetus* aplicada al problema de la caída (movimiento natural) desemboca en alguna de las siguientes dos concepciones:

- 1) Admitir que en el primer instante de la caída, la pesantez confiere al grave un movimiento (grado de velocidad) determinado, a consecuencia del cual, en el segundo momento, el cuerpo en cuestión parece animado de su pesantez natural (constante) más una pesantez accidental función de su velocidad. Unida la pesantez natural más la pesantez accidental el grave adquiere un nuevo grado de velocidad mayor que el primero, proceso que continúa hasta que el cuerpo llega a su lugar natural. Se podría decir que la pesantez total del cuerpo aumenta de continuo a medida que va cayendo, produciendo el aumento de velocidad. En este inciso Koyré introduce el término de *impetus* como pesantez accidental.
- 2) La segunda idea es admitir que la pesantez natural produce en el grave un *impetus* que lo conduce en la dirección natural de su movimiento, y que, antes de que se haya agotado este *impetus*, la pesantez produce en él un segundo *impetus* que se añade al primero, y así sucesivamente, de manera que el grave «aumenta siempre de velocidad, puesto que unida a él hay una virtud motriz perpetua».

En ambas hipótesis se habla de una acumulación de *impetus* y toman como primera causa del movimiento la pesantez del grave que nace a cada instante de *tiempo*. En el primer caso la acumulación de *impetus* ocurre debido al aumento de la pesantez del objeto, en el segundo caso, la acumulación ocurre por la única e inicial pesantez del objeto. Buridan dijo que «el incremento de la velocidad proviene de alguna otra cosa que se añade o detrae en razón de la *longitud* del movimiento realizado»<sup>234</sup> que enfatiza la distancia recorrida y no el tiempo transcurrido como sería más propio. Con respecto a este punto hemos detectado que es común encontrar en los escritos antiguos la utilización de los conceptos espacio recorrido y tiempo transcurrido de manera equivalente, y es de esperarse, pues no parece necesaria una distinción entre ambos términos, por el simple hecho de que un tiempo transcurrido siempre implica una longitud recorrida, digamos que cualitativamente hablando son equivalentes. El surgimiento y replanteamiento del concepto del *impetus* significará un acercamiento cada vez mayor al principio de inercia: un movimiento (movimiento en línea recta) sin fin (longitud infinita) y por siempre (tiempo infinito).

---

<sup>232</sup> L. Prieto López, Buridan, *El Impetus y la Primera Unificación de la Física Terrestre y Celeste*, Artículo publicado en la revista italiana “21mo. Secolo: scienza e tecnologia” (2008) p. 366.

<sup>233</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, España (1985) p. 85.

<sup>234</sup> L. Prieto López, Buridan, *El Impetus y la Primera Unificación de la Física Terrestre y Celeste*, Artículo publicado en la revista italiana “21mo. Secolo: scienza e tecnologia” (2008) p. 366.

d) El *impetus*

Buridan dio un primer paso hacia la cuantificación del *impetus* al asociarlo directamente con la fuerza y que ésta debe medirse según la velocidad y la cantidad de materia del cuerpo en el que está impresa.

Buridan primero le otorgó *impetus* a los objetos terrestres y después a los celestiales, algo que en el aristotelismo es imposible de imaginar, pues el cielo y la Tierra están absolutamente desligados. Darle una cualidad terrenal a algo celestial rompía con toda la tradición griega aunque encajó perfectamente en el escolasticismo, pues ahora el cielo y la Tierra deben verse creadas por un mismo Dios bajo un mismo plan, y los mismos principios que gobiernan en la Tierra deben ser los mismos que reinan en el Cielo. Esa es la omnipotencia y omnipresencia de Dios manifestada en el marco de la teoría del *impetus*.

Como diría Kuhn, «en los escritos de Buridan, quizá por primera vez, se observa el intento de unir bajo un mismo conjunto de leyes al cielo y la Tierra. Idea que será ampliada y profundizada por su alumno, Nicole Oresme. Éste sugería que ‘cuando Dios creó [los cielos] [...], los dotó de una cierta cualidad y una cierta fuerza de movimiento de modo similar a como había dotado de peso a las cosas terrestres [...]; es exactamente igual que un hombre que construye un reloj y que lo abandona a su propio movimiento. Así pues, Dios abandonó los cielos a su continuo movimiento [...] según el orden [que Él había] establecido’»<sup>235</sup>.

## 4.3.3. Nicole Oresme

Por sus aportes en las matemáticas, la mecánica y la economía Nicole Oresme es considerado por George Sarton uno de los más grandes científicos del siglo XIV<sup>236</sup>. En las matemáticas, por ejemplo, describió cómo se debía elevar un número a un exponente fraccionario y también abordó las operaciones de números fraccionarios; obra que para algunos es considerada el primer intento de estudiar sistemáticamente las reglas operacionales para ese tipo de expresiones algebraicas. Oresme propuso la posibilidad de un vacío físico más allá del cielo de modo análogo a la duración denominada «eternidad» que es de otra naturaleza de la duración «temporal». Oresme también contribuyó a la física matemática principalmente en tres áreas<sup>237</sup>: primero, la introducción implícita del concepto de medida; segundo, la representación gráfica de las cualidades y; tercero, la aplicación de esa representación al estudio del movimiento uniformemente acelerado en un marco temporal.

<sup>235</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 169.

<sup>236</sup> M. Artigas, *Nicolás Oresme, Gran Maestro del Colegio de Navarra, y el Origen de la Ciencia Moderna*, Publicado en Príncipe de Viana, Suplemento anual (1989) p. 16.

<sup>237</sup> *Ibid.*, p. 19.

a) Representación gráfica de las cualidades

«Uno de los cambios más importantes que facilitó el empleo creciente de las matemáticas en la física fue el introducido por la teoría de que todas las diferencias reales podían ser reducidas a diferencias en la categoría de la cantidad; por ejemplo, la intensidad de una cualidad, como la del calor, podía medirse exactamente de la misma manera como podía serlo la magnitud de una cantidad. Este cambio es el que distinguió principalmente la física matemática del siglo XVII de la física cualitativa de Aristóteles, comenzado por los escolásticos de la última parte de la Edad Media»<sup>238</sup>.

Al detenernos un poco en dicha representación resulta completamente natural hablar de medición, pues en su interior yace este principio, el cual demanda una comparación entre los diferentes grados de intensidades según un patrón; sin embargo, hay que mencionar que en estas relaciones no se puede medir la propia intensidad, ni tampoco existe la posibilidad de comprobar que la relación entre las intensidades es realmente igual a la relación entre las líneas. Por lo demás, éste es un rasgo distintivo de la ciencia natural escolástica: *se calcula, antes de que se pueda medir*.

Oresme también afirmó que bajo el principio de que toda cualidad puede adquirir sucesivamente diferentes intensidades, dicha cualidad puede ser representada geoméricamente mediante una línea recta alzada verticalmente sobre cada punto del sujeto afectado por la cualidad y con la altura correspondiente según la intensidad de la cualidad. De ahí resulta una figura geométrica plana que nos ayuda a comprender fácilmente las características del fenómeno en estudio. Esta visualización es conocida con el nombre de *representación geométrica de las cualidades*. En ella Oresme le asigna el nombre de longitud (*longitudo*) o extensión (*extensio*) a la línea afectada por cierta cualidad, y reserva el nombre de latitud (*latitudo*) o intensidad (*intensio*), al grado que adopta la cualidad en un punto de la extensión.

Gracias a esta obra Duhem le adjudicó a Oresme el título de fundador de la *geometría analítica*, que más bien es una afirmación pretenciosa que el mismo Duhem moderó al detallar esta cuestión, concluyendo que es difícil negar que Oresme diera los primeros pasos en esa dirección<sup>239</sup>. Es cierto, la idea de variable está totalmente ausente, además la longitud y latitud oresmianas no son coordenadas en el sentido moderno, pues el filósofo francés quiso construir figuras geométricas y no curvas según un sistema de referencia. Pero más allá de estos pormenores Oresme nos muestra su capacidad deductiva al afirmar que «Toda cualidad *uniformemente disforme* tiene la misma magnitud que la cualidad del mismo sujeto, o de un sujeto igual, que fuera *uniforme* con el grado del punto medio del sujeto dado; esto sobreentendiendo que el sujeto es lineal [...]. Se ve, por lo tanto, a qué cualidad o a qué

<sup>238</sup> Crombie, *Historia de la Ciencia: De San Agustín a Galileo*, Volumen 2., Ed. Alianza (2000) p. 82.

<sup>239</sup> M. Artigas, *Nicolás Oresme, Gran Maestro del Colegio de Navarra, y el Origen de la Ciencia Moderna*, Publicado en Príncipe de Viana, Suplemento anual (1989) p. 20.

velocidad *uniforme* es igual una cualidad o una velocidad *uniformemente disforme*»<sup>240</sup>. Afirmación que incluye a toda intensidad imaginable como la beatitud y la misericordia pero también alguna cualidad física como la aceleración y la velocidad. Por ejemplo, si la cualidad uniformemente disforme es la aceleración y la cualidad uniforme la velocidad obtenemos una representación gráfica del teorema de la velocidad media del Merton College.

Si analizamos geoméricamente las dos partes del enunciado anterior obtenemos que la figura de la primera representación es un triángulo y en la segunda un rectángulo con la mitad de la altura del anterior triángulo. Ambas áreas son iguales y representan el desplazamiento del objeto. El área del triángulo será un medio del tiempo por la velocidad final, y como es un movimiento uniformemente acelerado, la velocidad final es la razón de la aceleración sobre el tiempo. De ambas expresiones llegamos a la famosa fórmula en la que el desplazamiento es igual a un medio de la aceleración por el tiempo al cuadrado. El teorema del Merton College ya había sido probado por varios personajes como Heytesbury, Swineshead y también por Dumbleton en una forma aritmética. La novedad con Oresme es la prueba geométrica que ofrece; sin embargo, la dificultad tras haber llegado a este resultado es que —hablando de velocidad— podríamos decir que un móvil tiene una velocidad de dos o de cuatro sin que se plantee lo que significa, o a qué unidad de medida deben referirse esos números por lo que tales cantidades carecen de significado físico. Ésta fue una característica muy frecuente de la época escolástica.

También en los textos de Oxford encontramos explícitamente el concepto de velocidad instantánea, y el movimiento uniformemente acelerado como aquel en el cual, en cualquier parte igual de tiempo, se adquiere un incremento igual de velocidad<sup>241</sup>. La referencia a cualquier parte de tiempo es importante, puesto que podría darse el caso de que los mismos espacios fuesen recorridos en tiempos iguales con velocidades no uniformes, punto que fue puesto de relieve por Galileo cuando formuló la ley del movimiento acelerado.

#### b) Cosmología oresmiana

Sabemos que los aristotélicos concebían como imposible el vacío, es decir, un espacio sin sustancia; sin embargo, había quienes creían que Dios era capaz de crear múltiples mundos, y también que Dios podría dotar de movimiento al cielo más extremo de un movimiento rectilíneo<sup>242</sup>. Ahora bien, si otro Cosmos pudiera ser depositado fuera del nuestro, entonces debería ser posible que allí existiera un espacio capaz de acogerlo. De igual manera, una esfera celeste en movimiento rectilíneo dejaría vacante un espacio y se movería a otro. La mayor parte de los autores se conformaban con aceptar que Dios podría haber creado un

<sup>240</sup> J. A. Ramírez, *Reflexiones Sobre las Ideas de Nicolás de Oresme*, Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia, Vol. LIX (2007) p. 30.

<sup>241</sup> M. Artigas, *Nicolás Oresme, Gran Maestro del Colegio de Navarra, y el Origen de la Ciencia Moderna*, Publicado en Príncipe de Viana, Suplemento anual (1989) p. 23.

<sup>242</sup> Lindberg, *Los inicios de la Ciencia Occidental*, Ed. Paidós, España (2002) p. 315.

espacio vacío fuera del Cosmos. Unos pocos como Bradwardine y Nicole Oresme afirmaron que realmente lo había hecho<sup>243</sup>. Bradwardine identificaba este espacio vacío con la omnipresencia de Dios y afirmaba que puesto que Dios es infinito, el espacio vacío extracósmico debería ser igualmente infinito.

Además de la posibilidad del vacío, Oresme creía que no había nada en la razón ni en la experiencia que impidiera pensar en una Tierra móvil y estar errado. También niega la demostración que da Aristóteles sobre la unicidad de la Tierra, pues presupone una teoría del movimiento que no ha sido probada. Quizá la Tierra no tienda naturalmente hacia el centro, sino a otros fragmentos de Tierra próximos. Tal vez se dirijan las partes de la Tierra hacia el centro mismo de ella independientemente del lugar en el que se encuentre dentro del Universo. Al negar la demostración de la unicidad de la Tierra de Aristóteles, Oresme abre la posibilidad de la movilidad terrestre, pues ya sea que la Tierra esté en reposo o en movimiento, el problema viene del lugar desde donde estemos observemos el movimiento, con lo que cualquiera de las dos alternativas son igualmente posibles. Por ejemplo, imaginemos a dos navíos en reposo, uno paralelo al otro. Una persona colocada sobre uno de los navíos verá a ambas naves en reposo. En el caso en que uno de los navíos se encuentre estático y el otro se desplace, tal hombre podría afirmar legítimamente que el navío en que se encuentra está en reposo y el otro en movimiento o viceversa. Es de esta manera que podemos pensar un cielo móvil —como la tradición enseña— pero también una Tierra en movimiento. Así es como Oresme introduce la noción de sistema de referencia (o sistema físico).

Las consideraciones cristianas parecen haber sido importantes en esta modificación de la cosmología aristotélica, pero no fue la única influencia. Parece ser que los investigadores occidentales incluso tomaron prestados argumentos específicamente estoicos, tales como el muy común experimento mental que cuestiona lo que sucedería si alguien situado en la *periferia* del Universo material, en el límite extremo de toda sustancia material, introdujera un brazo más allá de dicha periferia. Parece obvio que el brazo debe ser recibido por un espacio que hasta entonces ha estado vacío. Así pues, mediante la combinación de la influencia cristiana y estoica, se impuso una importante modificación de la cosmología aristotélica, una modificación que iba a tener un lugar importante en las especulaciones cosmológicas hasta finales del siglo XVII y más tarde<sup>244</sup>. Oresme es un digno representante escolástico de este tipo de experimentos pensados, una herencia originalmente estoica.

Se podría alegar sobre la supuesta movilidad terrestre haciendo uso del clásico problema en el que al lanzar un objeto al aire, ¿éste no debería recorrer su caída al Occidente si la Tierra tuviera un movimiento de rotación? Oresme dice que esos objetos podrían moverse también hacia el Este junto con el aire y la masa del mundo terrestre, pues si un hombre situado sobre una nave que, sin él percatarse, se desplazara con gran rapidez hacia el

---

<sup>243</sup> *Ídem.*

<sup>244</sup> *Ídem.*

Este, girara su mano hacia abajo describiendo una línea recta sobre el mástil de la nave, tendría la sensación de que aquella sólo está animada de un movimiento vertical<sup>245</sup>. La conclusión de Oresme es clara, ninguna experiencia puede mostrar que el cielo se mueve con un movimiento de rotación y la Tierra no. Incluso Oresme muestra de una manera muy inteligente que, ni siquiera observando las Sagradas Escrituras hay alguna contradicción para el caso de una Tierra con movimiento. Su argumento se respalda afirmando que la forma literaria en que se encuentran los textos bíblicos que normalmente se citan para concebir una Tierra inmóvil, están escritos de una manera coloquial y no deberíamos entenderlos literalmente. De esta manera un tanto ingeniosa, Oresme lleva su relativismo que aprendimos en el ejemplo con los navíos a las Sagradas Escrituras. Aun Duhem dijo: «Cuando Copérnico en su libro *De Revolutionibus*, volverá a asumir la hipótesis de la rotación terrestre, lo que dirá en favor de esta hipótesis estará lejos de tener la amplitud y la claridad de discurso de Nicole Oresme»<sup>246</sup>

Oresme no podía decir con toda certeza si el movimiento de la Tierra ocurría o no, por eso lo que pretende aquél con sus argumentos, no es defender el movimiento de la Tierra como un fenómeno real, sino que más bien su aporte consiste en cuestionarse seriamente la inmovilidad terrestre. Oresme defendió su relativismo en el movimiento, en las Escrituras e incluso en cosas tan simples como los estados «alto» y «bajo», desaprobando por completo la idea de lugar natural.

Tanto Oresme como su maestro Buridan llevaron de alguna manera la Tierra a un plano celeste. Buridan lo hizo cuando empleó el *impetus* de los cuerpos terrestres a los celestiales, y Oresme fundamentó la posibilidad de una Tierra móvil con experimentos en la Tierra. Esta visión es sobresaliente pues utiliza la experiencia de los fenómenos terrestres para aplicarlos a la región celeste, algo que desde luego se contrapone a la visión aristotélica. Pero como bien menciona Kuhn<sup>247</sup>, Oresme una vez llegado a este punto no se detiene, siendo incapaz de vislumbrar el beneficio que podrían extraer los astrónomos de una Tierra móvil, como después lo hubieran hecho Copérnico y Galileo que gozaron de variedad de ejemplos que reflejaron la relatividad óptica.

El rechazo rotundo a gran gama de enseñanzas aristotélicas llevó a Oresme a hablar sobre la posibilidad de la pluralidad de los mundos, y es totalmente congruente con ello pues sin lugares naturales, la Tierra no iría a ningún centro del Universo, y habría la posibilidad de la existencia de varios mundos.

Los mundos que Oresme ve como posibles son de tres tipos<sup>248</sup>:

---

<sup>245</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 163.

<sup>246</sup> M. Artigas, *Nicolás Oresme, Gran Maestro del Colegio de Navarra, y el Origen de la Ciencia Moderna*, Publicado en Príncipe de Viana, Suplemento anual (1989) p. 28.

<sup>247</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 163.

<sup>248</sup> M. Artigas, *Nicolás Oresme, Gran Maestro del Colegio de Navarra, y el Origen de la Ciencia Moderna*, Publicado en Príncipe de Viana, Suplemento anual (1989) p. 29.

- Que mundos se sucedan en el tiempo, uno detrás de otro, creados y aniquilados por Dios.
- Que un mundo esté dentro de otro mundo, bajo el principio de la relatividad de los tamaños, así descartando cualquier aparente contradicción<sup>249</sup>.
- Que un mundo esté fuera de otro.

De los tres enunciados anteriores, el tercero será el que, en todo caso, negó Aristóteles, a lo cual dijo Oresme, procede sin razonamientos convincentes. El primero es posible porque Dios podría haber creado y aniquilado diversos mundos, y el segundo no es nuestro caso pero no es contradictorio dado que las magnitudes aparentes son relativas entre sí.

Aparte del rechazo de los lugares naturales Oresme, apoyado en las matemáticas, concibió como una “ciencia ineficaz” a la astrología, pues dijo que si los movimientos celestes son inconmensurables, no hay ciclos regulares como tampoco predicciones exactas basadas en esas configuraciones celestes. De esta manera niega que los fenómenos celestes sean causa de los terrenales.

#### 4.4. EL ESCOLASTICISMO

Haciendo un justo juicio de la ciencia de la Edad Media, sin caer en el anacronismo de verla como un intento de la física moderna, podemos reconocer tanto sus logros como todos sus fracasos y limitaciones objetivamente. Por ejemplo, si Oresme fue aparentemente tan fructífero desde el punto de vista de la ciencia actual, ¿por qué no trascendió como personaje de la historia de la ciencia? O más allá de pensar en un personaje en particular, ¿por qué no se le da a la ciencia escolástica el peso que aparentemente tuvo? Creemos que fue por varios factores. Uno de ellos fue la falta de difusión sistematizada, y es que no podemos asegurar que los manuscritos de Oresme llegarán a manos de Copérnico y Galileo<sup>250</sup>. La tradición que obliga al científico a citar sus fuentes de información no se estableció hasta mucho después de la revolución científica de los siglos XVI y XVII (esto no descarta la posibilidad real de que conocieran directamente o indirectamente la obra del escolástico Oresme o algún grupo selecto de escolásticos). Este problema medieval nos aleja de poder evidenciar que no pocas ideas que encontramos en dicha revolución tienen sus raíces en algún escolástico. También es cierto que, si bien existió una oposición a la astronomía tradicional dirigida por Alberto

---

<sup>249</sup> La contradicción sobreviene si suponemos que necesariamente un mundo deba ser de un tamaño similar a otro mundo. La relatividad de sus extensiones acepta que un mundo habite dentro de otro mundo.

<sup>250</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 164.

de Sajonia, Oresme y Nicolás de Cusa<sup>251</sup>, quienes sugirieron a una Tierra móvil, lo hicieron sobre sus bases filosóficas. Ellos no eran astrónomos y, por su parte, los astrónomos profesionales continuaron siguiendo a Ptolomeo hasta el siglo XVII, que no es más que un Aristóteles reelaborado. De hecho en la versión simplificada del Cosmos de los escritores medievales, se ignoraba la mayoría de los detalles astronómicos; por ejemplo el de que, aunque la teoría ptolomeica mencionaba varios ciclos y epiciclos por planeta, generalmente la comunidad medieval consideraba una sola esfera por planeta que explicase su movimiento general.

Otro factor que debilita el argumento del gran aporte escolástico que dieron a las generaciones futuras fue debido a la gran desorganización que gozó la época. No había un método universal ni un trabajo de la experiencia sistematizada, ni para investigar ni para difundir los escritos con lo que cada trabajo se veía, hasta cierto punto, aislado de un cuerpo general de estudio. No había, por decirlo de alguna manera, un *control de calidad* que filtrase aportes en favor del conocimiento renacentista. Había muchas ideas interesantes pero el descontrol impidió profundizar adecuadamente en cada una de ellas. Definitivamente tendría que haber un escenario que no tolerase más interrupciones para el sostenimiento, difusión y enriquecimiento del conocimiento y eso sólo lo podremos encontrar en grupos sólidos con características comunes, es decir, hasta los gremios del siglo XII y XIII, en específico, las universidades que con el tiempo se ganaron el *status* de ser los principales centros intelectuales.

Debemos tener muy claro también que los avances medievales, por ejemplo, en la cinemática, las discusiones ocurrían en el mundo de la abstracción. Se afirmaba que si un movimiento uniformemente acelerado existiera, entonces el teorema del Merton College sería aplicable. Jamás un estudio medieval identificaría un ejemplo del movimiento acelerado en el mundo real. Los escolásticos medievales fueron matemáticos y lógicos, no técnicos o empiristas. El espíritu escolástico se dirigió a su capacidad de idear experimentos mentales, pero nunca fue llevado a la práctica real. El experimento era un punto de apoyo para sus teorías mecánicas pero nunca fue el punto de partida. No obstante, esta labor meramente intelectual abrió el camino a un nuevo marco conceptual y una variedad de teoremas como el de la velocidad media del Merton College, que figuraron de un modo sobresaliente en la cinemática desarrollada en el siglo XVII por Galileo, a través de la cual entraron en la corriente principal de la mecánica moderna.

---

<sup>251</sup> Según Koyré, la concepción de Nicolás de Cusa comenzó el trabajo destructivo de un Cosmos bien ordenado según Aristóteles, a la colocación en un mismo plano ontológico la realidad de la Tierra y la de los cielos. La Tierra es una *stella nobilis* (estrella noble). Ver A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p.45. También Koestler opina que Nicolás de Cusa fue el primer opositor a la estructura del Cosmos medieval por suponerlo sin límites y, por lo tanto, sin un centro preferencial. Ver A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981) p. 205.

Sabemos que la epistemología nos explica la naturaleza del conocimiento que bien puede ser, instrumentalista como en el caso de la teoría ptolomeica, o realista, como la teoría copernicana. En cuanto a la visión de Oresme, éste siempre procuró tener una visión realista y crítica respecto a la naturaleza, misma que lo llevó, junto con su cristianismo, a cuestionar prácticamente toda la visión aristotélica abandonando no pocos puntos de dicha doctrina.

Es en la mente relativista y especulativa de Oresme que tenemos un precursor de Copérnico, al afirmar la movilidad de la Tierra como un fenómeno totalmente posible, deducción que hace a través de sus experimentos con barcos colocando la Tierra al mismo nivel de los cuerpos celestes que eran los únicos con la capacidad de moverse. Oresme también dio aportes para las metodologías científicas y puso bases para la geometría analítica con sus representaciones de las cualidades en el plano cartesiano. Oresme revalidó y difundió la teoría del *impetus*, además de describir el movimiento acelerado, algo que desgraciadamente no se hizo popular sino hasta los tiempos de Galileo. Y qué decir de la utilización de navíos para ilustrar el relativismo en el movimiento (Tycho Brahe y Giordano Bruno utilizarán frecuentemente este tipo de ejemplos).

Pierre Duhem, diría del escolasticismo que los discípulos de Buridan hablaron antes que Copérnico, de la rotación de la Tierra, determinaron antes de Galileo la ley de caída de los graves y antes de Descartes establecieron las bases de la geometría analítica<sup>252</sup>; sin embargo, también es cierto que el principal vicio de la época escolástica fue la amplia desorganización y falta de difusión del conocimiento. La gran mayoría de los trabajos científicos eran aislados, sin citas bibliográficas y destinados a un grupo muy selecto de individuos. Por eso dirá Kuhn que «algunas de las más importantes aportaciones de Galileo, en particular su obra sobre la caída de los cuerpos, pueden ser consideradas con toda justicia como un reagrupamiento creativo de los hasta entonces dispersos conocimientos físicos y matemáticos arduamente elaborados por los científicos medievales»<sup>253</sup>. Sin dejar de mencionar que no pocos de los que, desde nuestra perspectiva, podríamos catalogar como avances científicos, fueron simplemente ejercicios lógicos inspirados por la razón sin fundamento en la observación de lo natural.

Concretamente, y a través del anterior análisis, la teoría del *impetus*, aunque esencialmente sigue siendo aristotélica, con sus lugares naturales sustituidos por *impetus* naturales y básicamente cualitativa más cercana a los sentidos que a la experimentación, es esta teoría el fundamento necesario de la física renacentista. En la opinión de Kuhn<sup>254</sup> «la posibilidad de un movimiento de la Tierra y la unificación parcial de las leyes terrestres y celestes constituyen las dos contribuciones más directas de la teoría del *impetus* a la revolución copernicana».

---

<sup>252</sup> R. G. Villoslada, *La Universidad de París Durante los Estudios de Francisco de Vitoria*. Ed. Romae: Universidad Gregoriana (1938) p. 202.

<sup>253</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 165.

<sup>254</sup> *Ibid.*, p. 169.

Buridan y algunos otros teóricos del *impetus* declararon que<sup>255</sup>, a menos que se encuentre alguna resistencia, también perdurará el movimiento, dando de esta forma un gran paso hacia la primera ley de Newton sobre el movimiento. Como último punto, creemos que Buridan contó con todos los elementos necesarios para declarar que la gravedad (o peso) de un cuerpo en caída libre imprime a dicho cuerpo idénticos incrementos de *impetus* (y por tanto de velocidad) en intervalos de tiempo iguales<sup>256</sup> declarando el principio de caída acelerada de los cuerpos; sin embargo, no lo hizo quizá por la falta de una observación más sistematizada y menos abstracta, sumergida en las cualidades.

---

<sup>255</sup> *Ibid.*, p. 170.

<sup>256</sup> *Ibid.*, p. 170.

## CAPÍTULO 5. LOS PRIMEROS «RENACENTISTAS»

Como mencionamos anteriormente<sup>257</sup>, Duns Escoto abrió una brecha para el enfrentamiento de la religión contra la filosofía, anteponiendo en su filosofía la libre voluntad de elección del hombre por encima de sus demás virtudes. También dijo que existe un buen número de proposiciones teológicas, o verdades de fe indemostrables, que van desde la existencia de Dios hasta los mandamientos de la ley divina. Aunado a esto, el trabajo de conciliación que proporcionó Tomás de Aquino entre la fe y la razón comenzó a perder solvencia y la teología perdió la aceptación como una verdadera ciencia por su incapacidad de demostrar sus afirmaciones fundamentales.

Los campos teológicos y filosóficos se comenzaron a escindir, lo que no implicó necesariamente una desvaloración del mundo y la teología, sino, por el contrario, se concibió un profundo respeto por lo religioso que aspiraba a rescatar lo específico de la fe frente a la contaminación de la filosofía de origen pagano. La teología se alejó del racionalismo y se fundamentó principalmente en la revelación. Los filósofos, por el contrario, se acercaron a los problemas relacionados con el estudio de la naturaleza. De esta manera comenzó a trazarse la revolución intelectual que caracterizaría la atmósfera renacentista y de la Reforma.

El inglés Occam continuó la línea de Duns Escoto, magnificando la omnipotencia divina; redujo notablemente el papel de la razón y amplió el campo de las creencias religiosas distanciando todavía más a la filosofía de la teología. Con este mismo espíritu, defendió en menor medida los intereses del Estado con respecto a la espiritualidad de la comunidad que exige la Iglesia, y de ahí parte de su interés por separar la teología de la filosofía. La tradición experimental que fundaron Grosseteste y Bacon, Occam la continuó no siendo un

---

<sup>257</sup> Sección 4.3. La Universidad de París.

experimentador pero sí incitando a los filósofos de la naturaleza a esforzarse en conocerla a través de la experimentación y reduciendo el conocimiento a la simple observación de la secuencia de hechos y de acontecimientos.

Un personaje más perfilado al renacimiento científico, y al que algunos consideran como el primer renacentista, fue Nicolás de Cusa. Éste supo proyectar su visión de Dios en su cosmovisión. Dijo que el mundo es imagen de su Creador que es infinito por lo que el mundo necesariamente debe ser infinito, consecuentemente sin un centro particular y la posibilidad de una Tierra en movimiento cuyo centro de rotación no define por el hecho de suponer también que los cuerpos no pueden moverse en círculos perfectos, «ni el Sol, ni la Luna, ni ninguna esfera —aunque a nosotros nos parezca otra cosa—, puede describir un verdadero círculo en [sus] movimientos, porque no se mueven alrededor de una base fija»<sup>258</sup>. Aunada a esta infinitud cósmica, el cusano supuso también que los astros estaban constituidos de la misma sustancia que la Tierra e incluso habitados por criaturas que él catalogó simplemente como *diferentes* a nosotros. Así es como nos encontramos ante nosotros un Cielo no jerarquizado en el que podemos tener en un mismo plano ontológico la realidad de la Tierra y la de los cielos<sup>259</sup>. Como muchos de su tiempo también fue fiel adepto del *impetus* parisino.

Como ya mencionamos anteriormente, Nicolás de Cusa fue un filósofo más que astrónomo; no obstante, muestra a la par de los oxfordianos y los parisinos, que en Alemania también existió una corriente opositora a la doctrina aristotélica.

Puesto que tanto el cusano como su homónimo Nicolás Copérnico<sup>260</sup> pertenecieron a la *natio* alemana en Bolonia, este último recibió las enseñanzas de aquél. A su vez Copérnico también conoció la obra de dos astrónomos que tuvieron aportes significativos en el campo de la astronomía, ellos fueron Georg Peurbach y su discípulo Johann Müller, mejor conocido como Regiomontano<sup>261</sup>.

Peurbach fue un astrónomo que revitalizó la astronomía del siglo XV y cuyo principal aporte fue su magna obra *Theoricae novae planetarum*, donde plasma una nueva visión de la astronomía, completada y editada por Regiomontano en el año 1472. En esta obra el autor hace una introducción sistemática del *Almagesto*. Creyó que el movimiento planetario estaba completamente regido por el Sol. También arguyó que el epiciclo de Mercurio marchaba sobre una órbita ovalada<sup>262</sup>. Hizo hincapié en la utilización de la

---

<sup>258</sup> A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981) p. 205.

<sup>259</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p.45.

<sup>260</sup> Nicolás de Cusa murió en el 1464 mientras que Copérnico nació en el año 1473, unos nueve años de diferencia aunque Koestler afirma que son siete.

<sup>261</sup> Latinización del nombre de su ciudad natal Königsberg, en Alemania.

<sup>262</sup> Entre los astrónomos que argumentaron sobre las órbitas ovoides tenemos también a Nicolás de Cusa y Brudzewski, maestro de Copérnico. Ver A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981) p. 206.

numeración arábica que manejó en la preparación de unas precisas tablas de senos. Sin duda Peurbach es un precursor de los trabajos de Tycho Brahe.

El alemán Regiomontano, fue un niño prodigio comenzando sus estudios a la edad de once años en la Universidad de Leipzig, que a sus tempranos doce ya había publicado el mejor calendario astronómico de 1448, a los quince años fue llamado por el emperador Federico III para hacer el horóscopo de la novia imperial. Para los dieciséis años ya era discípulo de Peurbach. Aprendió griego para estudiar la obra de Ptolomeo. En su *Epítome del Almagesto* que escribió en colaboración también con Peurbach cuyo prefacio fue un panegírico que muestra las glorias de la Antigüedad clásica con la pobreza cultural de entonces. En este epítome notamos su notable énfasis en las partes matemáticas que antes habían sido omitidas en la astronomía descriptiva elemental.

En la corte de Matías Corvino rey de Hungría, Regiomontano lo convenció de que hacían falta observaciones más minuciosas con la implementación de los instrumentos más novedosos con el fin de darle a la astronomía nuevas bases. Convencido el rey, Regiomontano instaló un observatorio en Nüremberg, Alemania<sup>263</sup>. En sus observaciones siempre estuvo presente su afinidad al heliocentrismo de Aristarco de Samos. Murió prematuramente a los cuarenta años cuando Copérnico tenía tan solo tres años de edad.

También realizó una obra sobre la historia de las matemáticas que abarcó desde la geometría egipcia, griega, los árabes hasta llegar a las ciencias matemáticas de ese momento, de las cuales, en su opinión, la astronomía fue la más importante. Regiomontano se veía, por tanto, como partícipe de una tradición en continuidad con el pasado. Sin duda la generación anterior a Copérnico y sus contemporáneos estuvieron muy familiarizados con las discusiones acerca del movimiento planetario debido al Sol.

Finalmente mencionamos que Regiomontano fue profesor de Brudzewski en Cracovia y de María Novara en Bolonia, dos de los principales maestros de astronomía de Copérnico.

## 5.1. FÍSICA TERRESTRE PREVIA A GALILEO

La línea que marcó Aristóteles en su visión del Universo fue tan profunda que así es como se le atacó y defendió a lo largo de los siglos. Por eso es que adoptamos la revisión de los actores prerrenacentistas y sus obras principales según el desarrollo astronómico (celeste) aparte del mundo físico (terrestre).

Aunque somos conscientes que los filósofos naturales pregalileanos no sólo hablaban de una u otra región del Cosmos, también es cierto que su esfuerzo se ve claramente dirigido

---

<sup>263</sup> El primer observatorio astronómico según nos narra Koestler. Ver A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981) p. 207.

entre una de estas dos categorías salvo algunas pocas excepciones que en su debido tiempo aclararemos.

Comencemos con el mundo sublunar.

#### 5.1.1. Leonardo da Vinci

Si bien, la persona de Leonardo<sup>264</sup> es sin duda polémica, incluso, desde el simple hecho de intentar ubicarlo en una parte específica en la historia del pensamiento humano, para evitar cualquier complicación aceptamos que los escritos de Duhem deben ser el punto de partida con la inevitable conclusión de que en realidad Leonardo es el último fruto medieval, sobre todo, de los nominalistas parisinos. En Duhem no aparece un Leonardo brillante y lleno de novedades futuristas, sino que su peso reside en ser el punto de inflexión entre la Edad Media y la Edad Moderna, estableciendo así la unidad y continuidad del desarrollo del pensamiento científico. El costo de esta visión es concebir un Leonardo más bien medieval tardío.

Aunque Leonardo entiende el papel de la observación y la experimentación en la creación del conocimiento científico, él mismo es el que coloca a la teoría muy por encima de éstos. El que nosotros lográsemos elaborar una teoría matemática sucumbirá en la unión, e incluso, la sustitución de la experimentación. Pese a su desarrollada intuición, no pudo hacer una deducción correcta a partir de los principios que capta instintivamente, siendo incapaz de formular la ley de caída de los cuerpos, misma que, paradójicamente fue capaz de comprender en su verdadera naturaleza. Es por esta razón que no puede enunciar como principio abstracto el principio de igualdad de la acción y la reacción que aplica instintivamente en su análisis de percusión de los cuerpos, que trata con una precisión que nadie igualará durante más de un siglo. Como físico es pobre en su formación, sus argumentaciones son a menudo vagas y contradictorias como su noción de la pesantez vista a veces como causa, y otras como consecuencia del movimiento. Tampoco es consistente cuando habla de las variaciones en los coeficientes de la velocidad de caída; a veces proporcional al espacio recorrido por el cuerpo y en otras ocasiones proporcional al tiempo transcurrido durante la caída.

Lo que sí podemos rescatar en este asunto mecánico terrestre es que Leonardo fue el único de su tiempo que admitía una trayectoria curvilínea y continua para el lanzamiento de balas de cañón, y no, como se creía hasta entonces, una línea compuesta por dos segmentos de recta unidos entre sí. También él fue el primero en establecer, para dos móviles iguales que se encuentran, la ley general de la igualdad de la velocidad después del choque y la de los ángulos de incidencia y reflexión, además de demostrar que si dos cuerpos de igual peso se desplazan el uno hacia el otro a velocidades diferentes, intercambiarán su velocidad después del choque.

---

<sup>264</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 87.

Pese a su aporte experimental, en la investigación sobre la naturaleza del movimiento, Leonardo es más bien un ingeniero geómetra, pues de todos los dibujos de esas asombrosas máquinas que lo caracterizan, es poco probable que haya construido alguna. Estaba más preocupado por la elaboración de sus proyectos que por su realización. En este sentido, Leonardo se muestra más como un medieval al no haber integrado dos partes de un mismo hecho: la idea invisible con la realización perceptible del mismo. Su ambición se inclinó más a la superioridad del intelecto que de la técnica<sup>265</sup>.

### 5.1.2. Tartaglia

Uno de los primeros actores en el camino de la física renacentista terrestre fue Nicolás Tartaglia, nacido en Italia una generación antes de Galileo, cuya obra más importante fue su *Nova Scientia (La Nueva Ciencia, Venecia, 1537)* siendo desvalorada su más avanzada obra *Quesiti et Inventioni Diverse (Venecia 1546)*.

En la *Nova Scientia*, Tartaglia pretendió exponer una nueva ciencia: la balística, cuya auténtica originalidad radica en haber sido el primero en abordar tal ciencia en un libro impreso y someterla a un tratamiento matemático. Luchó por dilucidar las interrogantes sobre los mecánicos de artillería, principalmente la trayectoria que seguían los proyectiles después de salir de la boca del cañón. La teoría del *impetus* de los nominalistas diría que el movimiento de la bala continúa después de salir del cañón por el *impetus* que se le ha suministrado éste el cual terminará por ceder a la pesantez de la bala dirigiéndose finalmente a su lugar natural. Una explicación, desde luego, cualitativa y que poco o nada aporta a los artilleros con intereses más prácticos como ¿qué tanto hay que levantar el cañón sobre el horizonte para que la bala acierte en determinado blanco? o ¿cuál es la inclinación para el máximo alcance de la bala? Es claro, pues, que las doctrinas acerca del movimiento se quedan muy limitadas a las demandas cuantitativas de lanzamiento de objetos, en especial, de la trayectoria.

Siendo evidente tal dificultad, Tartaglia asumió una postura interesante; simplemente se inclinó por todas las cuestiones prácticas y dejó de lado las implicaciones filosóficas y las principales teorías del movimiento. Son datos y conceptos empíricos lo que quiere someter a un tratamiento geométrico sin pasar por una teoría explicativa que formase su unión. Su tratado es muy concreto: quiere dar a conocer lo que ocurre con cuerpos «igualmente graves», es decir, cuerpos que tengan el peso y forma adecuada para no ser perturbados por el aire; cuerpos esféricos de piedra, plomo o hierro, o más concretamente: las balas. Abordando el problema de esta manera es como afianzó el éxito de su libro.

Algunas de las ideas que asumió Tartaglia son las siguientes. existe una potencia que otorga el movimiento al proyectil la cual es «cualquier máquina artificial capaz de lanzar o

---

<sup>265</sup> Leonardo es más un tecnológico que un técnico. Entiéndase esto como un Leonardo más enfocado a las ideas que a los hechos, más abstracto que práctico.

tirar por el aire violentamente un cuerpo igualmente grave»<sup>266</sup>. Si un cuerpo en movimiento produce un choque mayor (comparación de dos objetos igualmente graves), es que va más deprisa. Un cuerpo produce un efecto tanto mayor cuanto más de arriba venga con un movimiento natural, es decir, la velocidad aumenta en función del espacio recorrido. Si el movimiento es violento producirá un efecto tanto más grande sobre otro cuerpo cuanto más cerca esté éste del punto de partida de este movimiento, al caso contrario del movimiento natural.

Sobre el movimiento violento —que es el de mayor interés para Tartaglia— dijo que todos los cuerpos igualmente graves y semejantes irán al final de su movimiento a igual velocidad, independientemente de la velocidad inicial. Una de las consecuencias es que la vista de perfil de la trayectoria de la bala con la velocidad inicial menor será exactamente igual a la trayectoria de bala con la velocidad mayor, a partir de un cierto punto de ésta<sup>267</sup>. En otras palabras, las trayectorias al final del recorrido cualquiera que sea la velocidad inicial de las balas, serán la misma desde algún punto hacia el final del recorrido.

Respecto al problema de la trayectoria del proyectil, Tartaglia niega la visión tradicional en la que la bala de cañón sigue una línea recta en la dirección que fue lanzada hasta llegar a su altura máxima después de la cual la bala caería, siguiendo también una trayectoria en línea recta en dirección al centro de la Tierra. La trayectoria es triangular, una consecuencia natural de la inexistencia de un movimiento violento y natural simultáneamente. Efectivamente, si tuviera un movimiento compuesto debería moverse aumentando continuamente de velocidad y al mismo tiempo disminuyéndola no menos continuamente, algo definitivamente imposible; sin embargo, él mismo en los diagramas que realizó, muestra dos segmentos de recta unidos por un arco de círculo, algo inconsistente con la afirmación anterior.

En su análisis del lanzamiento de objetos, Tartaglia sabe que si el movimiento violento rectilíneo se curva por la influencia de la gravedad hay que admitir que esto ocurre a lo largo de *toda* la trayectoria y no solo la final. Por eso agrega la explicación que afirma que la trayectoria del proyectil no puede poseer ninguna parte perfectamente rectilínea, por la pesantez que continuamente atrae el cuerpo grave hacia el centro del mundo. Esta curvatura lo es tan poca que su desviación será perfectamente imperceptible a nuestros sentidos, y que podemos no tenerla en cuenta. No podemos suponer que ni la parte recta sea verdaderamente así ni que la parte curva sea verdaderamente circular. Quizá la modificación más importante de Tartaglia para la dinámica, diría Koyré<sup>268</sup>, fue el abandono de la simplificación que permitía afirmar el carácter rectilíneo de una parte de la trayectoria del proyectil. Los únicos movimientos en línea recta que existen son hacia arriba y hacia abajo, la trayectoria de todos los demás movimientos que tengan alguna inclinación hacia arriba o hacia abajo siempre es

---

<sup>266</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 105.

<sup>267</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 108.

<sup>268</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 114.

en trayectoria curva y la bala de cañón comienza a descender desde el primer momento de su proyección.

La idea tan original de Tartaglia es atacada y comentada en sus *Quesiti* cuyo antagonista fue el duque Francesco María de Urbino que se apoyó en el contraejemplo experimental siguiente: utilizó una culebrina<sup>269</sup> de 20 libras que apuntó a un blanco a 200 pasos acertando la bala en la mira, lo que quiere decir que volaba en línea recta. El duque admite que si dicha culebrina se elevara para disparar una mayor distancia, la trayectoria no sería completamente en línea recta. Aun así es imposible descartar la posibilidad de que la bala haya avanzado en línea recta una distancia de 200 pasos, o de 100, o de 50. Tartaglia afirma que no irá ni un solo paso en línea recta, por el contrario, tal creencia equivocada se debe a la debilidad del intelecto humano que no puede distinguir lo verdadero. Las preguntas que le hace Tartaglia al duque, suponiendo que la trayectoria de la bala tenga una parte recta y luego una parte curva es precisamente sobre dónde se encuentra el punto de inflexión de la trayectoria: en qué parte de la trayectoria y hasta cuándo irá de ese modo y cuál es la causa de que vaya luego en línea curva. El duque contestó que la gran velocidad que la bala lleva en la salida de la boca de la pieza es la causa de que durante poco tiempo o espacio vaya en línea recta; pero que más tarde, faltándole en algún punto vigor y velocidad, empezará a ir más despacio y bajar sucesivamente hasta la Tierra y continuará así hasta que caiga en ella. Un cuerpo animado por un movimiento violento se hace tanto menos pesado cuanto más deprisa, y en consecuencia más rectamente.

Tartaglia refuta el argumento de la siguiente manera<sup>270</sup>. Supongamos una trayectoria *ab* (ver figura adjunta) que dibuja el camino de una bala lanzada oblicuamente por una culebrina. Ahora supongamos que existe una parte del trayecto perfectamente recto al inicio del movimiento de *a* a *c* (*c* un punto anterior a *b* naturalmente). Ahora dividamos el segmento anterior («*ac*») a la mitad en el punto *m*. La bala entonces atravesará el espacio *am* más rápidamente que el espacio *mc*. Ahora bien, por las razones citadas anteriormente, la bala irá más rectamente por el espacio *ac* que por el *mc* (confirmado según la propia teoría de Tartaglia), por lo que la línea será más recta en *ac* que en *mc*, lo que es imposible porque desde el principio se supuso que toda la línea *ac* era perfectamente recta, y evidentemente una mitad no puede ser ni más ni menos recta que la otra. Se deduce necesariamente que la segunda mitad no era recta y por consiguiente que la línea *ac* no era recta. Aplicando el mismo razonamiento a la mitad *am* y las subsecuentes mitades de mitades del trayecto se deduce que ninguna parte de la trayectoria puede ser recta por mínima que sea. La situación es simple, no puede haber un trayecto perfectamente recto ya que la pesadez del objeto nunca deja de actuar. El duque viéndose en esta encrucijada volvió a citar el primer ejemplo en el que es irrefutable que la bala pegue en el blanco, a lo que Tartaglia vuelve a afirmar que es una ilusión lo que percibimos con nuestros sentidos porque no son muy agudos en el asunto

<sup>269</sup> Pieza de artillería con un tubo de hasta 35 metros de longitud.

<sup>270</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 116.



desconocido y profesor de Bolonia<sup>272</sup>. Los resultados de Ferro pasaron a manos de Antonio María Fiore. Al mismo tiempo, Tartaglia, que se había dedicado a investigar las ecuaciones cúbicas desde 1530. Al recibir las noticias sobre estos resultados y en parte por sus esfuerzos redoblados, logró resolver más casos de cúbicas que Fiore. De la polémica entre ambos resultó un desafío público (año 1535); cada contrincante proponía al otro el mismo número de ecuaciones a resolver. Tartaglia resolvió todas, mientras que Fiore no. La victoria llegó a oídos de Cardano que de inmediato se comunicó con Tartaglia para tratar de que le comunicase sus métodos, prometiéndole contactos con poderosos mecenas que lo apoyarían. Tartaglia le otorgó sus descubrimientos a Cardano, quien pese a un juramento de no develar tal información, y después de seis años, lo sacó a la luz en su obra *Ars Magna* en el año de 1545. En esta obra también se incluyó la resolución de las cuárticas. Tartaglia, al año siguiente publicó sus resultados en su libro *Quesiti* atacando con dureza a Cardano. El impacto del *Ars Magna* fue de tal magnitud que algunos consideran el año 1545 como el inicio del periodo moderno de las matemáticas.

El último de los algebristas italianos fue Rafael Bombelli, quien leyó el *Ars Magna* de Cardano. A raíz de la polémica entre Tartaglia y Cardano, Bombelli decidió escribir un tratado de algebra de modo tal que permitiese a cualquier persona dominar el tema sin recurrir a otra obra. El *Ars Magna* fue mejorado y todos aquellos puntos que resultaban confusos Bombelli los abordó, principalmente el problema de las raíces negativas tan recurrentes en las ecuaciones cúbicas. Así es como este algebrista asumió la existencia de los números complejos desarrollando toda el álgebra para tales entes matemáticos ganándose el título de padre de los números complejos.

Para terminar este periodo de nuestra exposición destacaremos la figura del francés Francisco Vieta, quien, junto con los algebristas italianos, es sin duda la figura cumbre del álgebra renacentista. Fue precisamente Vieta quien dio el paso decisivo para distinguir simbólicamente las incógnitas de los parámetros constantes; la idea de poner letras en lugar de números en los coeficientes permitió expresar los resultados mediante fórmulas en vez de reglas de largo y confuso enunciado. También apuntó algo hoy habitual pero muy novedoso en aquellos tiempos: la importancia del álgebra de especies o magnitudes. En una de sus primeras obras, su *Canonem Mathematicum*, Vieta apuesta decididamente por las fracciones decimales.

#### 5.1.4. Giambattista Benedetti

Este italiano, quien fue un personaje profundamente influyente en el joven Galileo, discípulo de Tartaglia y su predecesor inmediato que adoptó la teoría del *impetus* parisino para su dinámica; logró demostrar la continuidad del movimiento de vaivén, así como hacer ver que dos cuerpos de naturaleza (peso específico) idéntica caen con la misma velocidad.

---

<sup>272</sup> Antonio Durán Guardado, *El Legado de las Matemáticas: De Euclides a Newton: Los Genios a través de sus Libros*, Ed. Universidad de Sevilla, Sevilla (2000) p. 98.

Benedetti, como todos los que adoptaron la teoría del *impetus*, afirmó que el medio se resiste al movimiento, más que favorecerlo. Benedetti justificó sus trabajos encaminados al *impetus* en este ambiente aristotélico, diciendo lo siguiente:

Ciertamente, es tal la grandeza de la autoridad de Aristóteles que resulta difícil y peligroso escribir en contra de lo que él enseñó; para mí particularmente, a quien la sabiduría de este hombre me pareció siempre admirable. No obstante, llevado por el afán de verdad, por el amor de la cual, si él viviera, se sentiría asimismo atraído [...] no vacilo en decir, en aras del interés común, en que me fuerza a separarme de él el fundamento inquebrantable de la filosofía matemática.<sup>273</sup>

El ambiente en tiempos de Benedetti es aristotélico, sin duda, pero no fundamentalista.

El *impetus* es una potencia, cualidad o virtud que impregna al móvil por su asociación con el motor que lo posee. Es algo así como un *habitus* que adquiere el móvil, es decir, que tanto más es cuanto más tiempo está sometido a la acción del motor. Por ejemplo, el caso de una piedra lanzada con una honda; llega más lejos que si la lanzásemos con la mano, la razón es que en la honda, la piedra es impregnada con más *impetus* por las numerosas revoluciones a las que fue sometida.

La forma en que Benedetti asimilaba la teoría del *impetus* es interesante. Éste afirmó —después de una serie de experimentos sobre el desplazamiento de un cuerpo en diferentes medios o grados de rarefacción— que si la velocidad es proporcional a la fuerza motriz, entonces esta fuerza motriz (del peso) queda neutralizada por la acción del medio, siendo solo la parte restante la que vale y, en medios cada vez más densos, la velocidad del grave disminuirá cada vez más. Es por esto que el ritmo de desplazamiento es proporcional al peso relativo, es decir, su peso disminuido a causa de estar sumergido en el medio, y no dividido por la resistencia del mismo, de donde concluimos que la progresión que se sigue es aritmética y no geométrica como pensaba Aristóteles. La velocidad no aumenta indefinidamente y, al anularse la resistencia, la velocidad no viene en modo alguno, infinita.

El vacío —de alguna manera el más rarificado de los medios— no queda imposibilitado, pues ahora la velocidad del objeto sólo queda determinado por su peso no disminuido y no por el cociente propuesto por Aristóteles.

En la esencia de la visión del italiano Benedetti se encuentra la hidrostática de Arquímedes, y punto donde difiere de Aristóteles, pues mientras este último aboga por el peso como una propiedad de los cuerpos constante y absoluta, Benedetti, partidario de Arquímedes, sostiene que este peso es una propiedad relativa de los cuerpos. Por eso diría Benedetti que la física de Aristóteles demuestra que el filósofo griego no conoce la causa ni

---

<sup>273</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 45.

de la gravedad ni de la levedad de los cuerpos que consiste en la comparación de la densidad o rarefacción del objeto con el medio en donde se encuentre. No pocas diferencias podemos señalar entre Benedetti y Aristóteles, como por ejemplo, que este último no le daba ningún peso al aire, pues más bien este tipo de sustancia tiende a ir hacia arriba por su levedad natural, o en todo caso tener movimientos laterales pero jamás hacia abajo, al contrario de Benedetti quien dijo que el aire no es sólo leve sino también grave<sup>274</sup>, por eso después de que el motor le hubiese dado *impetus*, éste desaparecería poco a poco y el proyectil que impulsaba termina por dejar de experimentar más violencia regresando a su condición anterior (a su naturaleza).

Una importante característica de la visión física de Benedetti y que también difirió de Aristóteles es la siguiente. Según Aristóteles, si el movimiento fuera posible en el vacío las relaciones de velocidad de los diferentes cuerpos serán las mismas que el pleno. En cambio Benedetti afirma que las velocidades de los cuerpos compuestos de materiales diferentes, serán proporcionales a sus pesos específicos absolutos (sus densidades). Y los cuerpos del mismo material, tendrán en el vacío la misma velocidad natural.

Otras contribuciones de manos de Benedetti y que negaron las enseñanzas aristotélicas fueron las siguientes: primero, acerca del movimiento natural dijo que «el movimiento rectilíneo de los cuerpos naturales hacia arriba y hacia abajo no es natural en primer lugar y *per se*»; además Aristóteles —según comenta Benedetti—, no vio que el movimiento rectilíneo, el movimiento de ida y vuelta, es continuo y se hace sin parar, y también que el movimiento en línea recta puede ser infinito en el tiempo, aunque finito en el espacio siendo suficiente que su velocidad disminuya progresivamente<sup>275</sup>.

Benedetti también dijo que «Aristóteles no debería haber declarado que un cuerpo es tanto más rápido cuanto más se acerca a su meta, sino más bien que el cuerpo es tanto más veloz cuanto más se aleja de su punto de partida» ambas afirmaciones lógicamente equivalentes, pero que a la luz de la teoría de *impetus* guardan una diferencia sustancial. Pues sí, dentro de este marco teórico el movimiento es el efecto de una fuerza dentro del móvil misma que poco a poco va disminuyendo; el hecho de que el objeto se dirija a su lugar natural no es más ya la meta que debe alcanzar sino una consecuencia del *impetus* que deja de ser. De esta forma, nuestra atención comienza a dirigirse al punto donde comienza el movimiento y no tanto donde termina. Cuando es golpeado un objeto cualquiera, el *impetus* impreso en él determina la velocidad y la dirección de su movimiento, incluso a donde podría llegar, pero este último punto no es necesario conocer; el objeto no va hacia una meta concreta, sino que parte de una, con lo que resulta más conveniente subrayar un alejamiento del punto inicial, y no un acercamiento al punto de llegada.

Un último asunto a considerar es la idea, ahora innecesaria, de concebir el movimiento en algún punto espacial del Universo, como con Aristóteles que necesitábamos conocer la

<sup>274</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p.22.

<sup>275</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p.49.

ubicación de la Tierra y el cielo para decir hacia donde se dirigirá el cuerpo en cuestión ya que todos los objetos son considerados como cuerpo entrelazado con el propio Universo; todo es un ser y cada cosa es un órgano que consecuentemente es dependiente de su entorno. Ahora con Benedetti el movimiento de un objeto está enteramente determinado por su estado pasado, y de ninguna manera por su estado futuro<sup>276</sup>.

El pensamiento de Benedetti refleja las discusiones y las ideas sobre el movimiento de los objetos que había poco antes de la llegada de Galileo, de ahí su relevancia y la atención en su pensamiento desarrollado aquí.

Sobre los experimentos que realizó y los que sólo fueron pensados para el desarrollo de su teoría, hay toda una discusión en la cual no vamos a entrar porque no es la finalidad de este trabajo. Lo que sí resulta interesante es que uno de esos experimentos fue sugerido por el marqués Guidobaldo del Monte alrededor del año 1600<sup>277</sup> con el que se pretendió mostrar la trayectoria seguida por los graves al caer después de rodar a través de un plano inclinado. La idea es dejar rodar una esfera sobre un plano inclinado que se encuentra elevado cierta altura del nivel del suelo, después del cual la esfera lo abandonará describiendo el movimiento típico del lanzamiento de proyectiles. La propuesta de Guidobaldo es analizar las proyecciones horizontales de la trayectoria curva de la bala después que abandona el plano inclinado mientras se dirige al suelo. Conforme Galileo avanzó en la discusión acerca de la forma de la trayectoria de la bala llegó a la conclusión de que se trataba de una parábola puesto que se componía de un movimiento horizontal uniforme y uno vertical y acelerado.

#### 5.1.6. Giordano Bruno

Giordano Bruno, que aunque bien podríamos situarlo en la sección de física celeste de este trabajo y nuestro próximo capítulo, hemos optado por insertarlo en esta sección sobre física terrestre, porque creemos que contribuyó más en este campo. Por supuesto esto no quiere decir que no vayamos a mencionar los principales puntos de su cosmología, algunos de ellos, verdaderamente significativos.

Primera y casi inevitablemente, Giordano Bruno (siglo XVI) terminó formando parte de la larga lista de filósofos italianos hasta la llegada de Galileo, y acreedor a una multitud de historias acerca de su vida y obra, que lo han enaltecido como un mártir de la ciencia. Entre los profesionales en el área la opinión que tienen de él es más reservada. Por ejemplo, George Sarton dice que Bruno fue un «archí-herético», cuyo copernicanismo fue agravado por su panteísmo, lo que causó su condena. Koyré, al respecto, dice que Bruno representó un paso decisivo para eliminar cualquier lugar privilegiado en el Universo, lo que implicaría la inexistencia del centro del Universo.

---

<sup>276</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 82.

<sup>277</sup> J. L. Álvarez, *La obra de Galileo y la conformación del experimento en la física*, Rev. Mex. Fis., Vol. 49, Núm. 1, México (2003) p. 63.

Para conocer a Bruno más de cerca, observemos un par de fragmentos de su obra, *Sobre la causa, Principio y Unidad*, donde nos muestra su concepción del Universo infinito y su marcado panteísmo:

Los astros manifiestan y proclaman en un espacio infinito, con innumerables voces, la excelencia sin límites y la majestad de su primer principio y su primera causa.

Por pequeña e ínfima que se conciba una cosa, tiene en sí una parte de substancia espiritual, la cual, si se encuentra bien dispuesta la materia, la lleva a ser planta o animal, y forma los miembros de cualquier cuerpo que comúnmente se considera animado. Pues el espíritu se encuentra en todas las cosas, y no hay corpúsculo, por mínimo que sea, que no contenga en sí una porción de él suficiente para animarlo.<sup>278</sup>

Es por eso que no pocos historiadores de la ciencia ven en Giordano más bien un poeta con ideas científicas que a un astrónomo. Pese a ello Giordano mantuvo viva la teoría copernicana en la historia, misma que describiremos más adelante. Se tomó en serio a Copérnico, rechazando el prólogo de Osiander en el *De Revolutionibus*, que decía que esta obra era meramente teórica (hipotética). Además tenía otras ideas que se manifestarán en la revolución científica como la infinitud del Universo y la existencia del vacío.

También son populares los ejemplos de navíos que Giordano ocupó para hablar de la relatividad del movimiento. Dijo que los movimientos que ocurren sobre un navío son independientes de los que realiza la propia barca llevada por la corriente. Dicho ejemplo lo extrapoló al nivel estelar cuando afirmó que la Tierra podría estar en movimiento sin que esto se viera reflejado directamente en los movimientos sobre de ella. En este caso la Tierra sería al navío lo que los movimiento en el navío son a los movimiento en la Tierra<sup>279</sup>. Creemos que la anterior idea de Bruno, y que en su momento manejó Nicole Oresme, es una de las principales aportaciones para la nueva física del Renacimiento. Ésta es la noción de *sistema físico* que Bruno describe con los clásicos ejemplos de navíos, que no teniendo ningún motivo válido que se lo impidiera, llevo tales razonamientos a la propia Tierra, algo totalmente desaprobado en su tiempo.

A través de la idea de sistema físico, Giordano reinterpreta el movimiento generalizándolo a todo el Cosmos independientemente de la región. Tanto en la región sublunar como en la supralunar el movimiento es relativo y el desplazamiento de la Tierra es

---

<sup>278</sup> M. Campuzano, *Giordano Bruno. Fuego en el Alma y Alma en el Fuego*, Ed. Vision Libros, Madrid (2013) p. 60.

<sup>279</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 160.

una posibilidad totalmente legítima. Este proceder terminará con la separación total del mundo sublunar con el supralunar.

En su obra *La Cena Delle Ceneri* (La Cena de las Cenizas), Bruno dice que:

Si desde algún lugar exterior a la Tierra fuera lanzada alguna cosa a la tierra [esta cosa], a consecuencia del movimiento de la Tierra perdería la rectitud [de su movimiento], como sucede con el navío cuando desciende por el río: si alguien que se encuentra en la orilla lanza una piedra en línea recta hacia el navío, errará en su blanco en proporción a la velocidad del navío. Pero si alguien se sitúa en el mástil del navío, entonces, por mucho que el navío corra, su lanzamiento no errará en nada. De modo que la piedra, u otra cosa grave lanzada desde el mástil hacia un punto situado al pie del mismo, o a cualquier otra parte de la cala o del cuerpo del navío, irá en línea recta. Asimismo, si alguien que se halla en el navío lanza en línea recta [vertical] una piedra hacia lo alto del mástil, o hacia la cofa, la piedra regresará hacia abajo por la misma línea, por mucho que se mueva el navío, con tal de que no experimente oscilaciones.<sup>280</sup>

Ahora vemos que la naturaleza del movimiento corresponda directamente a la localización del observador, que bien podría ser sobre el navío o fuera de él. Es un movimiento que se da, no por la naturaleza del objeto, sino porque está sobre un móvil y formando parte de su desplazamiento.

A continuación analicemos otro texto de Bruno, el cual parte de la relatividad del movimiento haciendo uso de los ya tradicionales ejemplos con navíos que comenzaron los escolásticos (el principal fue Oresme), y que tiene como finalidad hablar de la teoría del *impetus*. El texto dice:

Así pues imaginemos a dos hombres: uno en el navío que navega, y otro fuera del barco; uno y otro tienen la mano en el aire, en el mismo punto, y desde ese mismo lugar y al mismo tiempo uno deja caer una piedra y el otro, otra, sin empujarla: la piedra del primero, sin desviarse de su línea [vertical] llegará al lugar fijado de antemano; y la del segundo resultará transportada hacia atrás. Esto se debe simplemente a que la piedra que parte de la mano del hombre que es llevado por el navío, y, por consiguiente, se mueve conforme al movimiento de éste posee cierta virtud impresa que no posee la otra, la de la piedra de la mano que sale del hombre que está fuera del navío; y ello ocurre aunque las [dos] piedras tengan la misma gravedad, y aunque, si parten —en la medida de lo posible— del mismo punto y experimentan el mismo empuje, tengan el mismo aire por atravesar. De esta diversidad no podemos dar otra razón que no sea la de que las cosas que se encuentran sujetas al navío por un lazo o por tal pertenencia, se mueven con éste;

---

<sup>280</sup> *Ibid.*, p. 161.

y que una de las piedras, la que se mueve con el navío, lleva consigo la virtud del motor, mientras que la otra no participa de ella. De donde se desprende muy claramente que [la piedra] no recibe la virtud de ir en línea recta ni del punto de donde parte ni del punto hacia el cual va, sino de la eficacia de la virtud que le fue impresa. De ello proviene toda la diferencia.<sup>281</sup>

El texto explica el hecho de que teniendo dos piedras con las mismas condiciones iniciales de movimiento salvo un aspecto; mientras la primera piedra es soltada desde un navío en movimiento, la segunda viene desde tierra, lo que trae como consecuencia dos trayectorias totalmente diferentes. La del navío describe una recta vertical y la otra realiza un movimiento en retroceso. Bruno dice que esto ocurre porque la piedra sobre el navío tiene un *impetus* o virtud en dirección al desplazamiento del navío, mientras que la que está en tierra no. La piedra sobre el navío participa del mismo movimiento por un lazo entre el motor (navío) y la piedra. Bruno resueltamente dice que es el *impetus* (lazo) el que hace la diferencia entre una y otra piedra y no hay más factores en los que podamos detenernos para atribuir tal discrepancia.

Uno de los principales opositores y contemporáneo a Bruno fue el aristotélico Tycho Brahe. Éste dijo que el movimiento de la piedra sobre el navío parece ser un desplazamiento mágico y misterioso, pues ¿cómo es que la piedra sepa cómo moverse describiendo una curva extraña hasta llegar exactamente debajo de la mano que la sostuvo? ¿Qué probabilidad hay de que ocurra algo así? ¿Cómo sabría qué trayectoria describir la piedra para llegar a ese lugar exacto?; es como si se acordara de su asociación pasada con el navío, hecho realmente inimaginable, pues con ojos muy abiertos no hay nada que conecte la piedra con el navío; nada físico, y consecuentemente las alternativas para dar solución a tal conflicto serán del orden metafísico como, por ejemplo, atribuirle una consciencia a la piedra y que ésta recuerde de donde viene y adonde debe ir. Todos estos argumentos no obstruyeron la personalidad implacable de Bruno. Precisamente sobre su persona y fin de su vida, es el último punto que nos resta por abordar.

Sabemos que Giordano Bruno fue condenado a la hoguera, en supuesto, por su copernicanismo, convirtiéndose así en un mártir del conocimiento; pese a esto, al leer los cargos en su contra<sup>282</sup> vemos que sólo aparece sancionado un punto de su cosmología donde afirma la existencia de varios mundos y su eternidad, las demás acusaciones son exclusivamente asuntos doctrinales que contrapuntearon las tradicionales enseñanzas de la Iglesia como la deidad de Cristo, la trinidad, haber lidiado con el arte de la adivinación y la magia, etc. Aunque Bruno se adhirió al protestantismo calvinista también se pronunció en disconformidad con dicho movimiento.

<sup>281</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 162.

<sup>282</sup> Luigi Firpo, *Il processo di Giordano Bruno*, Rivista Storica Italiana (Napoli), LX, Italia (1948) p. 11.

Sabemos que el copernicanismo fue aceptado en este tiempo por los líderes de religión<sup>283</sup>. Es por esto que más por su copernicanismo, Bruno fue mandado a la hoguera por sus convicciones y enseñanzas heréticas. En 1600 fue ejecutado por la orden del Cardenal Roberto Belarmino quien posteriormente llevaría el similar proceso de Galileo unos 16 años después.

Giordano Bruno, que ni era matemático ni astrónomo, pero sí filósofo, comprendió mejor que nadie que la reforma de la astronomía realizada por Copérnico implicaba el abandono total y definitivo de la idea de un Universo estructurado y jerárquicamente ordenado (aristotélico). Bruno propuso un Universo infinito, algo unimaginable para sus contemporáneos, pero su poco dominio de las ciencias del movimiento y de las matemáticas limitaron definitivamente las conjeturas naturales de ese Cosmos, una de ellas y quizá la más importante, era la posibilidad de un movimiento inercial, es decir, sin parar y por siempre.

#### 5.1.7. Francesco Bonamico

Aunque se especula sobre el alcance de la obra del florentino y médico Bonamico en el joven Galileo, contamos con tres hechos que la acreditan. Primero, Bonamico dio clases de física y filosofía en el tiempo que Galileo fue estudiante en la Universidad de Pisa; segundo, se sabe que intercambió correspondencia con el pisano; y tercero, el *De Motu* de Bonamico fue encontrado en la biblioteca de Galileo.

Bonamico, recuperó numerosos textos de pensadores antiguos y compartió su opinión sobre ellos. Aquí mostramos dos fragmentos. El primero trata sobre el lanzamiento de objetos, y el segundo sobre la caída. Veamos el primero:

Ante todo, dijeron que su posición no evita de ninguna manera la dificultad que acabamos de objetar a Platón: a saber que si la piedra es llevada por el aire, su movimiento no cesará jamás, pues el aire que recibe el *impetus* no tiene ninguna razón para volver al reposo. En efecto, este *impetus* se acomoda a su naturaleza, y su movimiento no es pues diferente al del descenso de la piedra, que se acomoda a la naturaleza. Por eso no sólo la piedra se movería a través de todo el espesor del aire, sino que incluso, si el aire fuera infinito, su movimiento duraría un tiempo infinito.<sup>284</sup>

Si el aire es quien mantiene el movimiento y no habiendo nada ni externamente ni inherente al objeto que mandase detener el objeto, pues resulta que con la cantidad de aire suficiente el movimiento continuaría indefinidamente. Afirmación que acepta la posibilidad

<sup>283</sup> Recordemos que el éxito del geocentrismo copernicano en el clero, fue el prólogo de Osiander donde la obra es descrita sólo como una hipótesis *no* real de la naturaleza.

<sup>284</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 22.

de un movimiento inercial, es decir, un movimiento infinito pero no en el vacío sino a través del aire. Por esta razón dijo Bonamico que Filopón y, después de él, Alberto, Santo Tomás, y muchos otros pensaron que la fuerza era impresa por el mismo motor no al aire sino al móvil. Bonamico también fue partidario de la teoría del *impetus*.

Ahora, observemos este fragmento que habla sobre la caída:

Santo Tomás, y después de él Alberto de Sajonia, pensaron que en los elementos hay una gravedad y una levedad dobles: una que consideran *per se* y natural, y otra que estiman adventicia. Esta, dice, resulta de la potencia generatriz y conserva al objeto en su propio lugar; aquélla se adquiere en el proceso del movimiento y gracias a ellos los cuerpos naturales se mueven con un *impetus* que aumenta progresivamente.<sup>285</sup>

Para los comentaristas medievales, dice Koyré, hubo un problema difícil al confundir el concepto aristotélico de «tendencia» con el de «fuerza». Se cuestionaban cómo era que una causa constante como el peso, actuando de una manera natural, produjera un efecto variable como la velocidad de caída. Por eso la alternativa fue adjudicarle al objeto una variación en la fuerza motriz del *impetus* que animase al cuerpo en una especie de adición del impulso al movimiento. Así el cuerpo, se pensaba, al caer, adquiriría una cierta impetuosidad, y esta impetuosidad de su movimiento, sumada al *impetus* natural de la pesantez, podría explicar el incremento en la velocidad.

#### 5.1.8. Juan de Celaya

Del Colegio de Mountage, incorporado a la Universidad de París, salió Juan de Celaya. Filósofo natural afiliado a la teoría del *impetus* tanto en la región celeste como la terrestre. Juan de Celaya realizó una clasificación de todos los tipos de movimiento utilizando varios criterios: primero, el tiempo de duración y el espacio, en el sentido de que todas las partes del móvil se mueven a la misma velocidad; segundo, los «uniformiter» (uniformes) y «difformiter difformis» (disformes); y tercero, el criterio de aceleradores y retardadores.

Aunado a tal clasificación, el escritor y filósofo también de origen español Diego Diest, aportó a la teoría un estilo literario característico sobre el asunto del movimiento. Por ejemplo, al hablar de los giros de ruedas, caídas de esferas en medios resistentes y caída libre de graves, introdujo el nombre de movimiento «unifformiten diformis» (uniformemente disforme), movimiento en el que la velocidad crece con la distancia. La caída libre de graves es así un ejemplo de movimiento uniforme en cuanto al espacio (todas las partes caen a la misma velocidad) y disforme en cuanto al tiempo. Esta literatura iniciada por Diego

---

<sup>285</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 35.

culminará<sup>286</sup> en la obra de tres autores: Francisco de Toledo, Benito de Pereira y Domingo de Soto, este último fue el que reunió toda la información y que a continuación analizaremos.

#### 5.1.9. Domingo de Soto

Domingo de Soto, uno de los personajes más ilustres del neoescolasticismo, proveniente de la Universidad de Salamanca, con grandes aportes como el apoyo que dio a los *Calculatores* de Oxford y a los doctores de París para difundir sus trabajos; también utilizó la clasificación de los tipos de movimiento de su maestro Juan de Celaya y las ilustraciones de Diego Diest para afirmar que la caída libre de los cuerpos es un caso de movimiento uniformemente acelerado. Soto dijo que:

El movimiento uniformemente disforme en cuanto al tiempo es aquel de tal modo que si se divide según el tiempo (es decir, según lo anterior y lo posterior), el movimiento del punto medio de cualquier parte supera al del extremo más lento en la misma proporción que es superado por el más intenso. Esta especie de movimiento es propia de las cosas que se mueven naturalmente y de los proyectiles. En efecto, cuando un cuerpo cae desde lo alto a través de un medio uniforme, se mueve al final más velozmente que al principio, da tal manera que el primero aumenta y el segundo disminuye de modo uniformemente disforme [...] por ejemplo, si el móvil A se mueve durante una hora incrementando regularmente su velocidad desde 0 hasta 8, recorre tanto espacio como otro móvil B que se mueva con una velocidad uniforme de 4 durante el mismo periodo de tiempo [...].<sup>287</sup>

En estas líneas descubrimos el famoso teorema del Merton College, dos siglos después de su formulación y que Francisco de Toledo, jesuita afín a la infinitud del Universo y discípulo de Soto, transmitió. Jesuita también fue Benito Pereira y que junto con Francisco fueron maestros de Galileo en el Colegio Romano, por quienes Galileo probablemente aprendió la caída acelerada, que, como sabemos, no dedujo.

Retomando la figura de Domingo de Soto<sup>288</sup> dijo que los graves caen al suelo con un movimiento uniformemente acelerado respecto al tiempo y que la distancia recorrida puede ser calculada a partir del tiempo transcurrido, empleando el teorema de la velocidad media del Merton College. Detengámonos un momento para analizar el *corpus* lógico en el que se inspiró Domingo para su análisis del movimiento acelerado.

---

<sup>286</sup> J. S. Catalá, *España en los siglos XV y XVI*, Vol. 14, Ed. Akal, Madrid (1992) p. 26.

<sup>287</sup> *Ibid.*

<sup>288</sup> M. Campuzano, *Kepler y Newton. Encuentros con la Armonía Sideral*, Ed. Vision Libros, Madrid (2011) p. 69.

Soto nos ofrece, con definiciones y ejemplos (solo que sin ninguna prueba empírica), todos los movimientos posibles. En principio, hay solo dos movimientos: el uniforme y el disforme, que a su vez pueden ser cada uno de esta manera respecto al tiempo o respecto al espacio (espacio que ocupa el objeto), ofreciendo un total de seis posibilidades, que a continuación enunciamos<sup>289</sup>:

1. *Movimiento uniforme respecto al objeto*, es en el que todas las partes del cuerpo se mueven con la misma velocidad, por ejemplo, al arrastrar una piedra un metro de longitud sobre un plano, caso en el que todas y cada una de sus partes se mueven un metro exactamente.
2. *Movimiento disforme respecto al objeto*, es en el que no todas las partes del móvil que lo conforman se mueven por igual, que a su vez es de dos formas: uniformemente disforme y disformemente disforme.
  - a. *Movimiento uniformemente disforme respecto al objeto*. Es el movimiento del sujeto movido disformemente de tal modo que la velocidad en el punto medio de cada porción de línea es excedida por la velocidad en el extremo más veloz de tal *porcioncilla* en la misma proporción en que excede al extremo más lento. De entre todos los movimientos locales, sólo éste conviene al movimiento circular, y a él totalmente: como aparece en la rueda de moler, cuyo indivisible centro permanecería estático, si el movimiento fuera perfectamente circular<sup>290</sup>.
  - b. *Movimiento disformemente disforme respecto al objeto*. Movimiento del objeto de tal modo disforme, que no ocurre en cada porción que el punto medio según la extensión igualmente excede en velocidad lo que es excedido. No encontrando ningún ejemplo de movimiento local que cumpla este requisito mencionamos el caso del calentamiento de un objeto que tenga diversos grados de calor no uniformes en distintos lugares de él mismo<sup>291</sup>.
3. *Movimiento uniforme respecto al tiempo*. El móvil recorre iguales distancias en iguales intervalos de tiempo. Por ejemplo el movimiento perfectamente regular de los cielos.

---

<sup>289</sup> J. J. Pérez, *Domingo de Soto en el Origen de la Ciencia Moderna*, Universidad Complutense, Revista de filosofía, Madrid (1994) p. 460.

<sup>290</sup> Tomamos un radio cualquiera de la rueda giratoria. El punto más veloz es el más externo, mientras que el más lento es el centro estático, entonces el punto medio es la mitad de ambos puntos. Entonces siempre ocurre que el más rápido excede en la misma proporción al punto medio como éste lo hace con el centro fijo. Es por eso que el movimiento uniformemente disforme respecto al objeto, en realidad es una descripción del movimiento circular.

<sup>291</sup> En este caso ocurre lo contrario al inciso «a». Establecida una línea entre dos puntos sobre el objeto, no se presenta el caso en que un extremo tenga por magnitud un incremento tal que el punto medio lo tenga en la misma magnitud con el punto más bajo. Es por eso que el ejemplo propuesto manifiesta una cualidad no uniforme en toda la extensión del objeto.

4. *Movimiento disforme respecto al tiempo*. Este movimiento significa recorrer distancias iguales en tiempos desiguales, o equivalentemente, en intervalos iguales de tiempo distancias desiguales. Es de dos tipos: uniformemente disforme y disformemente disforme.
- a. *Movimiento uniformemente disforme respecto al tiempo*. Es el movimiento disforme, tal que si dividimos el tiempo (anterior y posterior), la velocidad del punto medio de la proporción excede la velocidad del extremo más lento lo que es excedida por el más rápido. El ejemplo por excelencia es el caso de los graves naturalmente movidos y en los proyectiles. En el caso de los primeros su velocidad es mayor hacia el final que al principio de su movimiento, al contrario de los proyectiles que se mueven más veloz al principio que al final: el primero aumenta disformemente disforme y el segundo disminuye de modo uniformemente disforme.
  - b. *Movimiento disformemente disforme respecto al tiempo*. Es el movimiento en tal modo disforme, que si es dividido según el tiempo, no ocurre que el punto medio de cada parte en la misma proporción excede en velocidad a un extremo cuanto es excedido por el otro. Por ejemplo, el movimiento de los animales, donde hay aumento y disminución de velocidad.

Será el inciso 4.a. la más importante aseveración del segoviano, pues conecta la realidad física de la caída con la abstracción matemática. Al respecto dirá Duhem: Soto unió dos ideas que se había transmitido paralelamente: la aceleración de la caída de graves, y el movimiento uniformemente disforme. Mismo fundamento que Galileo buscó en 1604 para establecer los axiomas de la cinemática.

Aunque la física que descubrimos en este párrafo de Soto es prácticamente cualitativa y resultado de un desarrollo lógico, el filósofo español también empleó la herramienta matemática, en particular, utilizó el teorema del Merton College a un ejemplo particular que ya habíamos mencionado. «Si el móvil A, durante una hora, va aumentando siempre su velocidad de 0 a 8, recorre precisamente tanto espacio como como otro móvil B que se mueve con velocidad uniforme de magnitud 4 en el mismo periodo de tiempo».

A tan valioso contenido histórico Duhem opina que por la forma tan aparentemente casual en que Soto introduce la asociación del movimiento uniformemente disforme con la caída de los graves da la impresión de que esta enseñanza fue generalmente aceptada a principios del siglo XVI, en la Universidad de París, lugar en el que Soto estudió alrededor del año 1516 al 1520. Y lo confirma el hecho de que Soto no presenta su aportación como una idea original suya. Sobre esta idea se contraponen la opinión de Koyré quien dice que si Duhem estuviera en lo cierto «¿Por qué fue Soto el único en dejar esta visión por escrito?».

En realidad el aporte de Soto no fue producto de su época, «sino que fue por el contrario significativa»<sup>292</sup>.

Un tema más interesante para nosotros es saber si los escritos de Soto sobre la caída de los cuerpos llegaron a manos de Galileo. Sabemos que Galileo nombró a Soto en sus escritos, pero nunca lo hizo en el contexto de la caída de los cuerpos; sin embargo sabemos que las enseñanzas de Domingo de Soto se transmitieron a través de algunos de sus discípulos como Francisco de Toledo y Francisco Suárez, que fueron profesores del Colegio Romano, mismo lugar donde Galileo tenía debates con Paolo Segneri. A su vez Francisco de Toledo influyó a Ludovico Ruggiero, quien promovía las enseñanzas de Toledo y Soto a sus alumnos<sup>293</sup>.

Uno más de los personajes que convivió con Galileo, fue Andreas Eudaemon; erudito interesado por la enseñanza de la época escolástica e inclinado hacia el grupo de los *Calculatores*. Intentó desarrollar una física matemática de la acción natural, en la que la distribución *uniformemente disforme* jugase un papel decisivo. Pero quizá su mayor hazaña fue la discusión que hizo con Galileo en Padua sobre el experimento de la caída de un objeto desde el mástil de un navío, discusión en la que también estaba Giuseppe Biancani y que seguramente influenciaron a Galileo en el uso de los términos de los *Calculatores* oxfordianos.

Eudaemon además era conocedor de la obra de Soto sobre la caída acelerada. Aunado a esto contamos con un fragmento de la carta de Galileo a Paolo Sarpi<sup>294</sup>, en donde el pisano manifiesta que posee el conocimiento sobre la naturaleza del movimiento de caída como un movimiento acelerado, con lo que en realidad busca es un principio que explique o deduzca este hecho. Como lo mencionó Koyré:

Lo que busca [Galileo] no es una fórmula en cierto modo descriptiva que le permita calcular las magnitudes observables y mensurables del fenómeno de la caída (sus «accidentes»), velocidad, camino recorrido por el móvil, etc. Muy al contrario: Galileo se encuentra ya en posesión de tal fórmula; sabe ya que los espacios recorridos en tiempos iguales son entre sí como la serie de los números impares; sabe también que el espacio recorrido por el móvil es proporcional al cuadrado de los tiempos [...] Sin embargo, busca algo más, y lo que busca no es el vínculo lógico o matemático que une estas dos proposiciones —con toda certeza conoce este vínculo— sino un «principio» fundamental y evidente que

---

<sup>292</sup> J. J. Pérez, *Domingo de Soto en el Origen de la Ciencia Moderna*, Universidad Complutense, Revista de filosofía, Madrid (1994) p. 464.

<sup>293</sup> J. J. Pérez, *Domingo de Soto en el Origen de la Ciencia Moderna*, Universidad Complutense, Revista de filosofía, Madrid (1994) p. 465.

<sup>294</sup> Carta a Paolo Sarpi fechada el 16 de octubre de 1604.

permita deducir —o como dice Galileo, «demostrar»— los «accidentes» del movimiento de la caída.<sup>295</sup>

Por toda la evidencia anterior es que Duhem afirmó que si se hubiese unido todo lo que ya estaba en la mesa, antes de 1370 se habría enunciado explícitamente la ley del movimiento uniformemente acelerado: una exposición geométrica y algebraica de tal movimiento. Creemos que la postura de Duhem es muy optimista al respecto, pues no es para menos la genialidad de Galileo que queda manifiesta cuando integró lo que desde siempre estuvo divorciado. No podría haber sido antes dados todos los factores desfavorables de esta temprana época. No existe ningún escolástico que hubiese condensado toda la información de manera sistematizada y coherente. Fue necesaria una mente que se preocupase por la última esencia de la realidad del movimiento de los cuerpo, y esa es la virtud que indiscutiblemente tuvo Galileo.

## 5.2. FÍSICA CELESTE PREVIA A LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA DE LOS SIGLOS XVI Y XVII

Para una astronomía matemática serán necesarios tres aspectos: Primero, instrumentos de medición; segundo, tablas de datos astronómicos; y tercero, una teoría astronómica. Por eso, aunque se le considera a la física del *impetus* el antecedente más inmediato a la astronomía galileana o matemática, su impacto se dejó ver más en el pensamiento filosófico que en la práctica matemática. Fue una teoría de buen alcance explicativo que poco se apoyó de la experimentación y la medición.

Precisamente ésta fue la línea que siguieron los astrónomos pre-renacentistas: hacían uso de razonamientos lógicos cuyo único objetivo fue explicar los hechos naturales para «salvar el fenómeno». La época que tenemos a continuación no difiere mucho de su predecesora; empero, guardó en sí misma el potencial para una revolución ideológica que ya no podrá esperar más tiempo. Comencemos con los antecedentes de la teoría heliocéntrica.

### 5.2.1. Modelo heliocéntrico

En una sociedad religiosa, «el destino de la vida y de todo lo demás estaba vinculado al movimiento de los cielos: los cielos regían la tierra. Por consiguiente, quienquiera que entendiera cómo funcionaban los cielos, entendería todo cuanto ocurría en la tierra»<sup>296</sup> razón por la cual el hombre desde tiempo antiguo siempre mantuvo sus investigaciones celestes desde los griegos hasta Copérnico, prácticamente todos ellos fueron astrólogos.

<sup>295</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, España (1985) p. 77.

<sup>296</sup> P. Watson, *Ideas. Historial Intelectual de la Humanidad*, Ed. Crítica, España (2006) p. 754. Citado del libro *Science in History* (Bernal), p. 134.

Los astrólogos de la Edad Media y del Renacimiento siempre fueron bien acogidos por los imperios. En este sentido es indudable la continuidad, pues como dice Koyré<sup>297</sup>, el Renacimiento fue inspirado no por la ciencia; el ideal y civilización de la época que se llama justamente Renacimiento es de las letras y de las artes, no es de ningún modo un ideal de ciencia, sino un ideal de retórica, dirigido a las artes y humanidades. El mismo Renacimiento está plagado de la más burda y profunda superstición, es un tiempo en que la creencia en la magia y la brujería estuvo mucho más difundida que en la propia Edad Media. Los astrólogos ocupaban cargos oficiales en las ciudades y junto a los soberanos.

Pese a lo anterior, es en este ambiente donde tenemos que encontrar por lo menos dos puntos en favor de la ciencia, si es que pretendemos hablar de una revolución: primero, debe haber un cambio radical en el método e investigación, esto es, poner la experiencia como el portavoz de las conclusiones acerca de la naturaleza y, segundo, la matematización de la naturaleza. Ambos elementos que se dejarán ver en las generaciones posteriores a Galileo.

Expuesto lo anterior citamos como un paso en favor de esta vía, esto es, el modelo heliocéntrico. Sabemos que hasta el Renacimiento, la visión más común del Cosmos siempre fue la aristotélica, aunque no fue la única. Por lo menos podemos citar tres teorías más: la teoría de Heráclides, la de Aristarco de Samos y desde luego la teoría de Ptolomeo<sup>298</sup> que ya comentamos junto a la teoría aristotélica. La razón de que hayamos visto la teoría ptolomeica junto con la aristotélica es por todas las semejanzas que guardan entre sí. El sistema ptolomeico está más íntimamente ligado al de Aristóteles que al de Copérnico.

a) Heráclides de Ponto

El sistema de Heráclides fue conocido por Copérnico con el equivocado nombre de sistema egipcio<sup>299</sup>, vuelto a la realidad con el fin de esclarecer dos hechos indiscutibles: el primero de ellos es la variación de brillo de Mercurio y Venus (esto supone la existencia de un cambio de distancia entre los planetas con la Tierra); y el segundo, que ambos planetas sólo son visibles al anochecer o al amanecer (lo que manifiesta un apego inseparable entre estos dos planetas con el Sol).

La propuesta de Heráclides<sup>300</sup> sostiene que mientras los planetas Mercurio y Venus giran circularmente alrededor del Sol, la Tierra debe girar sobre su propio eje como un trompo. La consecuencia natural de esta configuración planetaria es que ahora tanto Mercurio

---

<sup>297</sup> A. Koyré, *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p.41.

<sup>298</sup> Estrictamente hablando, la teoría ptolomeica no es geocéntrica en toda su composición, pues no todos los astros giraban *únicamente* en torno al centro de la Tierra.

<sup>299</sup> A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981) p. 49.

<sup>300</sup> Los textos de Heráclides se han perdido en su totalidad, por lo que dependemos de referencias posteriores y no muy precisas. Aristóteles en su obra el *De Caelo* no hace referencias a este autor.

como Venus tienen una distancia variable con la Tierra mientras persiguen al astro Sol, con lo que queda manifiesta la resolución de las dos dificultades antes mencionadas<sup>301</sup>.

El sistema de Heráclides tuvo como primera objeción el principio económico: siempre es más preferible un modelo astronómico con un único centro que uno con una pluralidad de ellos. La segunda objeción ataca la rotación terrestre desde un aspecto sensorial, pues no hay nada en la Tierra que basados en nuestra experiencia nos indique que nos encontramos en movimiento constante.

No sabemos si Heráclides sólo otorgó la cualidad de satélites solares a Mercurio y Venus o, por el contrario, continuó, como sería lógico, dar un movimiento giratorio alrededor del Sol a los demás planetas e incluso la Tierra como algunos conjeturan<sup>302</sup>. Una cuestión histórica curiosa sin duda, pero de quien tenemos la certeza que sí lo realizó fue Aristarco siendo el primero en proponer el modelo heliocéntrico.

b) Aristarco de Samos

El heliocentrismo se inscribe en la línea cosmológica que inició en la escuela pitagórica y atomistas del siglo V a. C. Se empieza a conformar una tradición físico-cosmológica, a la cual, desde el punto de vista sistemático, se le puede adscribir la imagen heliocéntrica del Universo. En este sentido podemos destacar la labor del discípulo de Pitágoras, Filolao<sup>303</sup>, quizá el primero en dotar a la Tierra de movimiento que adoptó una postura pirocéntrica. Según él, la Tierra se movía en torno a un fuego central<sup>304</sup>; una *potencia demiurga, que desde el centro vivifica toda la Tierra y calienta su frigididad*<sup>305</sup>, que no debe confundirse con el Sol. Aquel fuego no puede verse nunca, pues la parte habitada de la Tierra nunca se enfrentaba con él, así como ocurre en una de las caras de la Luna que nunca nos ha sido posible verla. La parte dirigida al Sol, produce el día; la noche en cambio, es engendrada por la parte dirigida hacia el cono de su sombra. En su modelo, Filolao introduce un planeta más entre la Tierra y el fuego central denominado *Antichton* o *Contratierra*<sup>306</sup>, cuya localización está entre la Tierra y el fuego central invisible para la parte habitada. Su función consistió en proteger a los antípodas<sup>307</sup> de ser quemados por el fuego central que se creían vivía a la sombra de dicho planeta. El contacto que establecían los marineros griegos en regiones cada vez más lejanas sin poder jamás vislumbrar el fuego central o el *Antichton* visibles desde el

<sup>301</sup> G. Coronado, *Heráclides y Aristarco. Propuestas astronómicas no Ortodoxas en el Pensamiento Griego*, Coris. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades Vol. 4 (2006) p. 3.

<sup>302</sup> A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981) p. 50.

<sup>303</sup> *Ibid.*, p. 43.

<sup>304</sup> También llamado Hestia, altar de Zeus, torre de observación de Zeus o fuego del Universo.

<sup>305</sup> J. Jiménez, *Revista Filosófica* Vol. 30 de la Universidad de Costa Rica (1992) p. 181.

<sup>306</sup> Aristóteles propuso que la inserción de este planeta invisible desde la Tierra por parte de los pitagóricos fue para elevar a diez el número de cosas que se movían en el Universo que es un número de perfección y completitud para ellos. Los objetos girando alrededor del fuego central serían: el más interior, *Antichton*, después la Tierra, la Luna, el Sol, los cinco planetas y finalmente la esfera de las estrellas fijas.

<sup>307</sup> Seres opuestos a nosotros con los pies en la cara y que están despiertos cuando nosotros dormimos.

otro lado de la Tierra hizo que los pitagóricos supusieran que el fuego central estaba en el centro de la Tierra e identificaron a la *Contratierra* como la Luna.

Es claro que un sistema cosmológico de esta naturaleza debería presentar una paralaje<sup>308</sup>. El hecho de que no sea así es debido, no a la inmovilidad terrestre, sino a que la esfera estrellada se encuentra a una distancia inconmensurable, al grado que la órbita de la Tierra se vuelve insignificante.

Por su parte los atomistas Leucipo y Demócrito coadyuvaron a la conformación de esta imagen cosmológica con dos principios. El primero parte del concepto de espacio en tanto vacío e infinito debe adquirir un carácter isótropo, es decir, sin espacios privilegiados o jerárquicamente definidos. El segundo principio habla sobre la infinita multiplicidad de mundos, formados aleatoriamente por los átomos que se mueven libremente en el vacío, posibilitando concebir a la Tierra como un astro más entre tantos otros. Sabemos que los atomistas aceptaron el modelo geocéntrico del Cosmos, situación que definitivamente no es coherente con sus planteamientos físicos. Por el contrario, pensar en un espacio isótropo e infinito, debió de conducirlos a un Cosmos donde la Tierra no ocupase un lugar privilegiado, moviéndose libremente en el espacio igual que los demás astros.

Cronológicamente hablando, después de las disertaciones griegas del Cosmos y previo a Aristarco tenemos a Heráclides<sup>309</sup>, que perteneció a la Academia platónica probablemente influenciado por Filolao, fue el segundo en proponer un orden diferente del Cosmos y una tesis a favor del movimiento terrestre. En concreto, el sistema heracliteano propone un sistema que combina el geocentrismo con heliocentrismo y de quien ya hablamos en la sección pasada por lo que nuestra línea cronológica llega a Aristarco de Samos, considerado como fundador del heliocentrismo.

Aristarco fue contemporáneo de Arquímedes, además de ser un matemático y geómetra, preocupado de las proporciones geométricas del Universo. Llegó a la conclusión de que el Sol era mucho mayor que la Tierra, y que la Luna no era tan pequeña como se creía. Y como lógicamente un cuerpo de gran tamaño no se piensa que se mueva alrededor de uno más pequeño, naturalmente debemos suponer que la Tierra es la que se encuentra girando alrededor del Sol, y no al contrario. También la ausencia de paralaje lo condujo a afirmar que el Universo era mucho más grande que lo que se pensaba. El modelo de Aristarco se puede resumir en los siguientes puntos<sup>310</sup>:

1. El Sol, y no la Tierra, constituye el centro del Universo.

---

<sup>308</sup> Sustantivo femenino procedente del griego y que significa cambio o diferencia.

<sup>309</sup> En la línea cronológica de pensadores griegos encontramos a Filolao antes que Heráclides, sin embargo, para un mejor entendimiento de las fuentes filosóficas que pudieron conformar el marco cosmológico del heliocentrismo en este trabajo fueron citados en este trabajo de manera inversa.

<sup>310</sup> M. Campuzano, *Kepler y Newton. Encuentros con la Armonía Sideral*, Ed. Vision Libros. Madrid (2011) p. 36.

2. La Tierra tiene un movimiento doble: viaja anualmente en una órbita inclinada alrededor del sol y al mismo tiempo rota diariamente sobre su propio eje.
3. La esfera celestial, el Universo completo, es mucho mayor de lo que hasta entonces se asumía.
4. El Sol es una estrella.

El común acuerdo entre los historiadores de la ciencia señala que tanto el sistema mixto de Heráclides como el heliocéntrico de Aristarco, desempeñaron un papel insignificante dentro del contexto de la ciencia griega. Parece ser que nadie de la Antigüedad se vio orientado a tales cosmovisiones, si acaso podemos señalar a Seleuco de Seleucia (siglo II a. C.), astrónomo que —según nos ha dejado manifiesto Plutarco— asumió la doctrina de Aristarco como si dicha descripción fuera completamente real y no como mera hipótesis. Con la sentencia de Plutarco, aparte de conocer la postura de Seleuco, vemos que el modelo de Aristarco, según se entendía en los tiempos del primero (siglo II d. C.), fue básicamente instrumentalista sin mayor ambición que salvar las apariencias de los cielos<sup>311</sup>.

Lo cierto es que ambos sistemas se vieron completamente ignorados por varias razones entre las cuales podemos contar que ambas chocaron de lleno con el sentido común; violaban de manera parcial o totalmente la configuración estelar aristotélica — primero— en cuanto a los posibles movimientos de la Tierra y segundo, que, en el caso de Aristarco, violó el principio sobre las dimensiones del Universo, pues éste asumía un Cosmos inmenso. Si acaso Heráclides o Aristarco hubieran profundizado en desarrollar el contenido matemático que pudiese haber convertido su modelo en una herramienta con poder predictivo, tal vez no hubieran permanecido tantos siglos en ese olvido abrumador que tuvieron que vivir.

No será hasta la llegada de Tycho Brahe que resurgirá el modelo de Heráclides y de la misma forma ocurrirá lo propio con el modelo de Aristarco en la síntesis elaborada por Copérnico.

Antes de abordar a Copérnico y su obra en donde se apreciará la continuidad y al mismo tiempo la ruptura —sostenida en este trabajo— como características esenciales del desarrollo científico, hay que insistir en que; no obstante, el *almagesto* siguió siendo la biblia de la astronomía hasta comienzos del siglo XVII, anteriormente hubo un largo periodo de crítica e inconformidad hacia la astronomía ptolomeica por parte de los astrónomos profesionales debido a su evidente falta de economía y a su inexactitud respecto a los datos de la observación. Inconformidad que ya había sido manifestada por los astrónomos árabes y que apareció en abierta rebelión en la primera mitad del siglo en que nació Copérnico. Nicolás de Cusa, en su *Docta Ignorancia*, escrita en 1440 e impresa en 1514, veintinueve años antes que el *de Revolutionibus* afirmó que el mundo no tenía límites y, en consecuencia,

---

<sup>311</sup> Se puede asumir esta postura como válida aunque la escases de documentos originales del autor nos limita para afirmarlo con plena certeza. J. Jiménez, Revista Filosófica Vol. 30 de la Universidad de Costa Rica (1992) p. 183.

ni periferia ni centro. El mundo no era infinito, sino “tan solo indeterminado”, esto es, ilimitado, y en él todo fluía. Nicolás de Cusa no era un astrónomo profesional y no construyó ningún sistema, pero su doctrina demuestra que mucho antes que Copérnico no sólo los franciscanos de Oxford y los occamistas de París habían roto con Arstóteles y el modelo ptolomeico. El cusano murió siete años antes del nacimiento de Copérnico, y éste conoció la doctrina del primero.

Como ya se señaló, otros que conocían la obra del cusano fueron el astrónomo alemán Peurbach (1423-1461) y su discípulo Johann Müller (1436-1476) quienes suscitaron en Europa la renovación de la astronomía como ciencia exacta. Peurbach escribió un excelente manual sobre el sistema ptolomeico, que alcanzó cincuenta y seis ediciones y fue traducido al italiano, español, francés y hebreo. Mientras fue profesor en Venecia presidió una discusión pública sobre el movimiento de la Tierra; y aunque Peurbach, en su manual, asumió una actitud conservadora, señaló el hecho de que los movimientos de todos los planetas estuvieran gobernados por el Sol. También dijo que el planeta Mercurio corre sobre un epiciclo cuyo centro se mueve en una órbita no circular, sino ovoide u ovalada. Una serie de otros pensadores y astrónomos, desde el cusano hasta el primer maestro de Copérnico, Brudzewski, también había hablado de órbitas ovals.

Quien continuó la obra de Peurbach fue Johann Müller (Regiomontano) que en sus últimos años refleja el descontento creciente con la astronomía tradicional. Una carta escrita en 1464 así lo demuestra:

No puedo librarme de mi sorpresa ante la inercia mental de nuestros astrónomos, los cuales, como crédulas mujeres, imaginan que leen en los libros, tablillas y comentarios como si fueran la verdad divina e inalterable; creen a los autores y olvidan la verdad.<sup>312</sup>

En otro lugar dice:

Es menester observar tenazmente los astros y librar a la posteridad de la tradición antigua.<sup>313</sup>

Se han perdido los manuscritos y las notas de los últimos años de Regiomontano, y sólo quedan breves indicaciones de la reforma de la astronomía que él proyectó. Pero sabemos que prestó especial atención al sistema heliocéntrico de Aristarco, como lo

---

<sup>312</sup> A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México (2007) p. 192.

<sup>313</sup> *Idem*.

demuestra una nota de uno de sus manuscritos: “Es necesario alterar un poco el movimiento de los astros, a causa del movimiento de la Tierra.”<sup>314</sup>

Regiomontano había llegado a las mismas conclusiones que Aristarco y Copérnico, sólo que su prematura muerte le impidió ir más lejos. Murió a los cuarenta años, tres años después del nacimiento de Copérnico.

### 5.3. Nicolás Copérnico

De la Universidad de Cracovia que se había convertido, a finales del siglo XV, en un centro de referencia para el saber humanista de los textos de la Antigüedad, salió Nicolás Copérnico. Ya en el año de 1512 éste había terminado la primera versión de un nuevo sistema astronómico, obra conocida como el *Commentariolus* (breve comentario), que comienza con un estudio sobre la astronomía ptolemeica y sus limitaciones. Los principios esenciales de este manuscrito formaron parte de la obra más importante de Copérnico: el *De Revolutionibus*, en donde se expone el modelo heliocéntrico como constitución del Cosmos.

El prólogo del *De Revolutionibus* fue redactado por el teólogo y editor literario Andreas Osiander de forma totalmente independiente y después de la muerte de Copérnico. Su finalidad fue aminorar el impacto que pudiera causar el contenido de la obra a las frágiles mentes del clero. Sobre Copérnico, Osiander dijo que sólo ambicionaba salvar el fenómeno respecto al movimiento celeste, por lo que no debería tomarse como la última descripción de la realidad del mundo. Dijo:

En efecto, es propio del astrónomo examinar la historia de los movimientos celestes a través de una diligente y concienzuda observación, y, luego, idear o imaginar cualesquiera causa o hipótesis de ellos —ya que de ninguna manera podrá alcanzar las verdaderas— sobre la base de las cuales podrían calcularse correctamente dichos movimientos de acuerdo con los principios de la geometría, tanto en el futuro como en el pasado. Y estas dos tareas han sido cumplidas brillantemente por el autor.<sup>315</sup>

El concepto fundamental del anterior argumento es el significado de «hipótesis». Después de la observación de los movimientos es necesario idear una causa que lo explique, es a esta imaginación la que llama hipótesis. Inmediatamente después afirma Osiander:

---

<sup>314</sup> *Ibid.*, p. 208.

<sup>315</sup> E. S. Martín, *Galileo y la Biblia Hebrea*, Departamento de Estadística. Pontificia Universidad católica de Chile (2002) p. 6.

Pues no es necesario que esas hipótesis sean verdaderas, ni siquiera verosímiles, sino que es suficiente una sola cosa: que proporcionen un cálculo de acuerdo con las observaciones [...].<sup>316</sup>

Es decir, las hipótesis para Osiander son *ficciones geométricas* que tienen como objetivo salvar los fenómenos, en donde no interesa la veracidad ni la verosimilitud, sino sólo que sean adecuadas a las observaciones. Para Osiander estaban al mismo nivel Aristóteles, Copérnico y Ptolomeo, cada uno con una teoría distinta y válida como una hipótesis de lo que acontecía en el Cielo. La labor del astrónomo era idear hipótesis para fundamentar las observaciones, que no tiene la intención de conocer la verdadera causa, ni tampoco puede. El filósofo exigirá la verdad pero ésta es de Dios y únicamente Él la puede revelar a las personas, nos baste con tener aproximaciones cada vez más precisas de la realidad de la naturaleza.

Copérnico no fue el primero en sugerir el movimiento de la Tierra, ni pretendió haber descubierto por sí mismo tal idea. Por ejemplo, Copérnico cita la obra de Cicerón que menciona a Hicetas de Siracusa quien creía en una Tierra móvil. En el prefacio del *De Revolutionibus* cita a la mayor cantidad de sabios de la Antigüedad que defendieron la idea de una Tierra en movimiento. En un escrito más antiguo<sup>317</sup> incluso cita a Aristarco de Samos y las semejanzas de su modelo con el suyo propio y aunque no era costumbre citar los trabajos de sus predecesores más inmediatos parece ser que pudo haber conocido alguno de ellos o la mención de los mismos por otros sabios. A pesar de que el movimiento de la Tierra jamás había llegado a ser un concepto demasiado extendido, no puede afirmarse que en pleno siglo XVI careciera de precedentes. Lo que nos parece completamente innovador, incluso descartando a Aristarco, es que Copérnico fue el primero en exponer de manera detallada las consecuencias astronómicas derivadas del movimiento de la Tierra.

Diría Kuhn:

Las matemáticas de Copérnico le distinguen de sus predecesores, y es en parte a causa de la matematización que su obra, a diferencia de quienes la precedieron, inauguró una revolución.<sup>318</sup>

Copérnico también resalta la labor de Marciano Capella, mismo que afirma sobre Venus y Mercurio que eran dos planetas que no giraban alrededor de la Tierra sino del Sol porque sus órbitas les impedían alejarse más allá de cierto límite. Algo totalmente permisible, pues las esferas de ambos planetas podían ser encajadas una dentro de otra sin ningún contratiempo. Fue este mismo proceder que Copérnico llevó a los demás planetas, de forma

---

<sup>316</sup> *Ibid.*, p. 6.

<sup>317</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 196.

<sup>318</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 197.

tal que ahora todas las esferas planetarias estarían encajadas una dentro de otra con el Sol como su centro común. «Y si están todos ellos dispuestos alrededor del mismo centro, es necesario, pues, que el espacio que queda entre la superficie convexa de la esfera de Venus y la esfera cóncava de Marte esté ocupada por la Tierra y la Luna, que la acompaña, y por toda la materia que se encuentre en la esfera sublunar [...] de suerte que todo aquello que parece un movimiento del Sol es, en verdad, un movimiento de la Tierra»<sup>319</sup>.

Los escritos de Copérnico fueron bien acogidos por todos los clérigos estudiosos, quienes después recomendaron su publicación. Y aunque al final su impresor fue protestante, las novedosas ideas de Copérnico fueron consideradas perfectamente respetables durante todo el siglo XVI siempre que mantuvieran el tinte de meras hipótesis lógicas. No fue sino hasta la puesta en escena de los copernicanos principalmente Bruno, Kepler y Galileo, que el heliocentrismo se volvió vívidamente polémico.

Pero veamos textualmente qué es lo que dice el *De Revolutionibus*:

Tras abordar este problema tan extraordinariamente difícil y casi insoluble [refiriéndose a los movimientos celestes], por fin se me ocurrió cómo se podría resolver por recursos a construcciones mucho más sencillas y adecuadas que las tradicionalmente utilizadas, a condición únicamente que se me concedan algunos postulados. Estos postulados denominados axiomas, son los siguientes:

1. No existe un centro único de todos los círculos o esferas celestes.
2. El centro de la Tierra no es el centro del Mundo, sino tan solo el centro de gravedad y el centro de la esfera lunar.
3. Todas las esferas giran en torno al Sol, que se encuentra en medio de todas ellas, razón por la cual el centro del mundo está situado en las proximidades del Sol.
4. La razón entre la distancia del Sol a la Tierra y la distancia a la que está situada la esfera de las estrellas fijas es mucho menor que la razón entre el radio de la Tierra y la distancia que separa a nuestro planeta del Sol, hasta el punto en que esta última resulta imperceptible en comparación con la altura del firmamento.
5. Cualquier movimiento que parezca acontecer en la esfera de las estrellas fijas no se deben/ en realidad a ningún movimiento de éstas, sino más bien al movimiento de la Tierra. Así, pues, la Tierra —junto a los elementos circundantes— lleva a cabo diariamente una revolución completa alrededor de sus polos fijos, mientras que la esfera de las estrellas y último cielo permanece inmóvil.
6. Los movimientos de que aparentemente está dotado el Sol no se deben en realidad a él, sino al movimiento de la Tierra y de nuestra propia esfera, con la cual giramos en torno al Sol exactamente igual que los demás planetas. La Tierra tiene, pues, más de un movimiento.
7. Los movimientos aparentemente retrógrados y directos de los planetas no se deben en realidad a su propio movimiento, sino al de la Tierra. Por consiguiente, éste por sí sólo basta para explicar muchas de las aparentes irregularidades que en el cielo se observan<sup>320</sup>

<sup>319</sup> A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981) p. 203.

<sup>320</sup> P. Watson, *Ideas. Historial Intelectual de la Humanidad*, Ed. Crítica, España (2006) p. 754.

Cuando Copérnico volvió a traer a la luz el modelo heliocéntrico, lo que hizo fue seguir el espíritu de su tiempo dirigido al saber antiguo. Toda la cultura y conocimiento antiguo se volvió sagrado; así Copérnico «imitó» a Ptolomeo de la misma forma que un retórico humanista principiante hubiera imitado a Cicerón<sup>321</sup>. Era una manera de adquirir su arte, su técnica y su destreza. A ojos de sus colegas matemáticos, por tanto, la reputación de Copérnico era consecuencia de su demostrada pericia en la elaboración de modelos geométricos sobre fenómenos celestes, modelos que diseñaba empleando las técnicas y respetando las restricciones platónicas de los movimientos celestes<sup>322</sup>. Aunque parece novedoso, en este tiempo todavía se creía en la idea aristotélica de que los planetas se encontraban fijos en cada una de las esferas huecas, cristalinas y concéntricas.

Un punto más inquietante del modelo copernicano —además de su esencia aún aristotélica— es la ausencia del fenómeno de la paralaje. Si la Tierra giraba y se trasladaba en una órbita alrededor del Sol, un observador terrestre debería ver un cambio en la paralaje de las estrellas cuando el planeta se encuentre en extremos opuestos de la órbita pero lo que ocurre después de analizar las mediciones astronómicas vemos que no hay cambio alguno, y consecuentemente no es para nada concluyente la suposición de una Tierra en movimiento. Galileo enmendará este problema citando la antigua argumentación en la que basta solamente considerar que existe una grandísima distancia entre la Tierra y las estrellas.

Con el tiempo la Tierra se iría ganando el adjetivo de planeta dejando al mismo tiempo su ubicación preferencial en el Universo.

### 5.3.1. *De Revolutionibus*

El *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, al tiempo de ser publicado en el año 1543, tuvo un impacto imperceptible en sus contemporáneos. Por ejemplo, fue mucho más esperada la obra de Andrea Vesalio llamada *Sobre La Estructural Del Cuerpo Humano* publicada en el mismo año. La razón es que hablaba de cuestiones más físicas que metafísicas. Evidentemente es más cercano e intuitivo hablar de la estructura e interior del cuerpo humano que de algo tan misterioso como el interior del Universo y su engranaje.

El *De Revolutionibus* está dividido en seis libros. El primero de ellos trata sobre los elementos que conforman la obra y sobre algunos principios de la trigonometría esférica. El segundo libro habla de los elementos matemáticos básicos de la astronomía. El tercer libro aborda la movilidad terrestre. El cuarto, al movimiento lunar y los últimos dos exponen los movimientos de los demás planetas.

---

<sup>321</sup> Por cierto, Cicerón menciona que un tal Hicetas de Siracusa (siglo V a. C.) que también habló de una Tierra móvil. Ver T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 194.

<sup>322</sup> P. Dear, *La Revolución De Las Ciencias*, Ed. Marcial Pons Historia (2007) p. 68.

En la opinión de Kuhn<sup>323</sup>, excepto en lo que se refiere al movimiento terrestre, el *De Revolutionibus* parece estar más estrechamente vinculado a la Antigüedad y Edad Media que a las generaciones posteriores, y es de esperarse, pues Copérnico comenzó su labor astronómica donde se quedaron los antiguos Aristóteles y Ptolomeo. La mayor parte de las características que asociamos a la revolución copernicana como son la eficacia de los cálculos de las localizaciones planetarias, la desaparición de los epiciclos y excéntricas, la elegancia y simpleza del modelo copernicano que es presentada al inicio de la obra en las primeras 20 páginas (un 5% del total de la obra) es más bien abordada como sólo una hipótesis que gozó de mucha flexibilidad. Hecho que podemos comprobar analizando el resto de la obra dedicada básicamente a implementar dicho modelo pero que en última instancia recurrió a todos los rudimentos de los que pretendió escapar.

Es por eso que dicha obra será importante no tanto por lo que dice en sí misma sino por sus comentaristas. El *De Revolutionibus* es más bien una obra tediosa, comprendida por los astrónomos más profesionales y en extenso matemática. Para entender un poco esto vasta ver cómo Koestler, al hablar de esta obra, la cita como «el libro que nadie leía»<sup>324</sup>. La complejidad de la obra se vuelve evidente gracias al largo tiempo que transcurrió desde su publicación, en el año de 1543, hasta su desaprobación pública en el año de 1616 sobre la personalidad de Galileo. Sólo un grupo exclusivo de estudiosos fueron quienes después de mucho reflexionar y analizar su contenido entendieron las afirmaciones que siempre estuvieron ahí, descubriendo que contradecían sus dogmas cosmológicos.

El punto ecuante de la teoría ptolomeica se volvió particularmente intolerable para Copérnico, pues le pareció que violaba el principio de uniformidad aristotélica de todas las maneras posibles.<sup>325</sup> Protestó en contra de los epiciclos ptolomeicos, los cuales asemejó a un artista que toma diversos pies, manos y demás miembros humanos, todos ellos muy hermosos en sí mismos, que uniéndolos en un solo ser no forman a uno funcional como un humano, sino que más bien resultarán en un monstruo. Así fue como el dogmático aristotelismo de Copérnico lo llevó a dejar de lado el sistema ptolomeico y plantea como una mejor solución la movilidad en la Tierra.

En el capítulo quinto del libro primero del *De Revolutionibus*<sup>326</sup> Copérnico dice que —partiendo de que la Tierra es esférica— se debe examinar si le corresponde algún tipo de movimiento, ya que pensarla estática no es una resolución definitiva. En este capítulo nos habla de una serie de argumentos sobre la relatividad del movimiento que observamos entre un objeto supuestamente en desplazamiento y un observador que también podría estar dotado de algún movimiento, y después cita a algunos personajes antiguos como los pitagóricos Heráclides Póntico, Ecfanto e Hicetas, ambos de Siracusa, quienes creían en una Tierra

<sup>323</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 185.

<sup>324</sup> A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981) p. 190.

<sup>325</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 190.

<sup>326</sup> *Ibid.*, p. 185.

<sup>326</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 202.

rotando en el centro del Universo. Luego entonces, si aceptamos que la Tierra puede tener un movimiento, no hay nada que nos impida imaginar que tenga un solo movimiento. Y como también no está claro que si son los planetas los que se acercan y alejan de la Tierra o viceversa podemos darle a la Tierra, aparte de un movimiento de rotación, un movimiento circular de traslación siempre y cuando sea cercano al centro del Universo que también suponemos muy lejano a la esfera estelar. Así Copérnico nos enseña que es posible explicar cualitativamente los movimientos de retrogradación y los diferentes períodos empleados por un planeta en sucesivos recorridos a lo largo de la eclíptica sin necesidad de los epiciclos.

Más adelante en el mismo libro, pero en el capítulo ocho, Copérnico nos vuelve a traer a colación la esfericidad y la diferencia de brillo en los planetas. Dice que al distinguir variabilidad de brillo entre los planetas debe de ser por la existencia de varios centros en torno a los que giren los planetas, a la vez que si la Tierra es una esfera podríamos decir que el Sol, la Luna y los planetas que son esféricos se mantienen así por la providencia divina que el Creador ha asignado a cada parte del Mundo de mantenerse agrupadas estas partes en unidad e integridad formando un globo. El análisis que hace Copérnico tiene el propósito de ver a la Tierra como un planeta, dotándola de movimiento y dándole otras características propias de los objetos celestes. La Tierra es la que se traslada y lo hace en torno a un centro, este centro será el Sol, y ahora las antiguas funciones de la Tierra son heredadas al Sol.

La revolución copernicana, como ya mencionamos, difícilmente pudo encontrarse en el propio texto del *De Revolutionibus*. Dirá Kuhn<sup>327</sup> que la mayor parte de los elementos esenciales de la obra copernicana, tanto de su crítica a Aristóteles como de su teoría del movimiento, ya aparecen en los escritos de los escolásticos, especialmente en la obra de Nicole Oresme. No hay cambios radicales y Copérnico aparece en escena más bien como un escolástico con una idea antigua vuelta a la luz. Incluso la economía en el número de esferas a las que aspiraba Copérnico favoreció solo la parte cualitativa del modelo, pues si antepone la exactitud como el mínimo requerimiento de cualquier modelo de los cielos, el copernicano no tuvo más remedio que introducir más esferas a su sistema inicial de siete círculos (como lo podemos detectar en el transcurso de su obra). Según Peurbach, mientras el sistema de Ptolomeo contaba con tan sólo 40 círculos el sistema de Copérnico terminó ajustándose a 48<sup>328</sup>, situación irrelevante para Copérnico que creía que el sistema de Ptolomeo era de 80 círculos. Lo cierto es que el sistema copernicano irónicamente se convirtió en el monstruo que aborreció.

Un alegato por demás interesante a la teoría copernicana es sobre el centro real que supone. Koestler hace una comparación<sup>329</sup> entre Libro I del *De Revolutionibus* en el que afirma que el Sol ocupa el centro de giro de los planetas, mientras que en el Libro III —donde Copérnico concilia su modelo con las observaciones— sostiene que la Tierra se mueve

---

<sup>327</sup> *Ibid.*, p. 209.

<sup>328</sup> A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981) p. 191.

<sup>329</sup> *Ibid.*, p. 192.

alrededor de un punto en el espacio separado del Sol (por cierto, tres veces el diámetro solar) y a su vez junto con los demás planetas cada uno con su debida combinación de epiciclos. Así es. El punto más importante del sistema copernicano, en la práctica, no es el centro del Sol sino el *centro de la órbita de la Tierra*, lo que le regresaría a la Tierra, aunque indirectamente, su estatus preferencial. La diferencia es que ahora el Cosmos pasó de estar afianzado del centro sólido y tangible de la Tierra a un punto imaginario definido por la órbita terrestre, lo que Koestler denomina como un sistema «vacuocéntrico»<sup>330</sup> y es así como a todas luces cobra fuerza el prólogo de Osiander sobre el carácter meramente hipotético del modelo copernicano, algo que parece ser nunca deseó manifestar el polaco en su obra. Por si no fuera mucho, la órbita de Saturno se ubicaba fuera de la esfera de Venus y la de Júpiter fuera de la de Mercurio, lo que indicaría que ambas esferas chocarían entre sí<sup>331</sup>. Aún más, Mercurio, el más irregular de todos los planetas, había que asignarle un movimiento oscilatorio sobre una recta, pero un movimiento recto de un cuerpo celeste era imposible de imaginar por lo que la alternativa fue otorgarle dos esferas más moviéndose una dentro de otra. La Tierra no fue la excepción y a sus principales movimientos tuvo que añadirse el mismo artificio correctivo dando un total de no menos de nueve movimientos circulares independientes para explicar el movimiento del eje de la Tierra y todos los movimientos de latitud<sup>332</sup>.

Si tuvo aceptación el modelo copernicano entre sus discípulos y seguidores fue por la naturalidad con la que se resolvían problemas como la cercanía de los planetas interiores al Sol (Mercurio y Venus) y la retrogradación de los planetas exteriores. También se resolvía de una manera simple el problema del lugar relativo de Mercurio, Venus y el Sol que a lo largo de la historia generó siempre discusiones. Estos tres planetas en el sistema ptolomeico tenían por término medio un año para recorrer la eclíptica. En el sistema copernicano no hay dos planetas que posean idéntico periodo orbital<sup>333</sup>.

Finalmente citaremos dos textos de Copérnico, que manifiestan su aristotelismo. En el caso del segundo enfocado a su visión de los movimientos terrestres:

Cuánto más noble y divino se considera el estado de inmovilidad que el de mutabilidad e inestabilidad, mucho más adecuado este último a la Tierra que al Universo.<sup>334</sup>

Una frase muy ingeniosa y a la vez conservadora del astrónomo polaco que siguiendo los estándares propios del aristotelismo —como lo son la pureza de la inmovilidad— invita a reconocer más que una Tierra estática, un Universo inmóvil siendo este último más puro y

---

<sup>330</sup> *Ibid.*, p. 193.

<sup>331</sup> *Ídem.*

<sup>332</sup> *Ibid.*, p. 194.

<sup>333</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 231.

<sup>334</sup> *De Revolutionibus* Libro I cap. VIII citado por T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 208.

alejado de la corrupción que la primera. Ahora veamos el segundo fragmento tomado del *De Revolutionibus* que dice lo siguiente:

Pero ¿qué diremos acerca de las nubes y de las cosas que flotan en el aire, así como de las que caen o que, por el contrario, tienden hacia arriba? Pues, simplemente, que no sólo la tierra, con el elemento acuoso unido a ella, se mueve de este modo (es decir, naturalmente), sino también una parte no despreciable del aire, y todas las cosas que, de la misma manera, tienen relación con la tierra. *Ya sea que el aire cercano a la tierra, mezclado con materia terrestre y acuosa, participe de la misma naturaleza que la tierra, ya sea que el movimiento del aire sea un movimiento adquirido, del que participe sin resistencia a consecuencia de la contigüidad y del movimiento perpetuo de la tierra [...]* Por ello, el aire más cercano a la tierra parecerá en reposo, al igual que las cosas en él suspendidas, a menos que, como suele suceder, sean empujadas por el viento o por alguna otra fuerza aquí y allá.<sup>335</sup>

En esta cita Copérnico considera la clásica objeción sobre la movilidad terrestre y ofrece un argumento al estilo puramente aristotélico, pues las cosas próximas a la Tierra como las nubes y las piedras se mueven junto con ella, no debido a que ésta les haya transmitido su mismo movimiento sino porque comparte su misma *naturaleza* terrestre. Similar relación aristotélica que podemos encontrar en la construcción de su Universo con sus esferas homocéntricas en permanente contacto y sucesivos movimientos entre ellas que van del exterior hacia el interior, a diferencia de Copérnico que suponía una propagación del movimiento en sentido inverso, es decir, desde la Tierra y hacia el exterior.

Copérnico estudió en universidades donde la tradición de Nicolás de Cusa y de Regiomontano estaba muy viva. Brudzewski en Cracovia y Novara en Bolonia, habían sido maestros de Copérnico y ellos, a su vez, fueron discípulos de Regiomontano. La idea de que la Tierra se movía y que el Sol gobernaba realmente el sistema planetario perteneció a la antigua tradición de la cosmología y se discutió mucho en la época de Copérnico. Tanía veinte años menos que Leonardo y durante los diez años que pasó en Italia vivió entre hombres de esa generación; pero no se convirtió en uno de ellos. Copérnico conservó su concepción medieval del mundo y regresó a su patria sólo con la idea que el renacimiento pitagórico había puesto de moda y que era el movimiento de la Tierra. Se pasó el resto de su vida tratando de hacer encajar esa idea en su marco medieval fundado en la física aristotélica y las ruedas ptolomeicas.

El sistema copernicano tenía la notable ventaja sobre el ptolomeico de poseer una mayor simplicidad geométrica en un punto esencial. Al trasladar el centro del Universo de la Tierra a alguna parte situada cerca del Sol, los movimientos de retroceso de los planetas, que

---

<sup>335</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, España (1985) p. 157.

tanto problema habían dado a los antiguos, desaparecieron; sin embargo, esa armoniosa sencillez que el capítulo inicial del *De Revolutionibus* prometía, se convirtió en una pesadilla.

Había personajes más avanzados y progresistas que Copérnico; sin embargo fue en él donde cristalizó la idea de una Tierra en movimiento y fue, indudablemente, el primero en desarrollar la idea de un sistema planetario completo. En ello estriba su mérito, independientemente de las incongruencias e imperfecciones de su sistema. En la obra de Copérnico vemos por un lado como él se esfuerza por mantener la continuidad del conocimiento astronómico tradicional y, al mismo tiempo, sin proponérselo, provoca la ruptura con la que se iniciará la revolución científica de los siglos XVI y XVII.

El *De Revolutionibus* de Copérnico fue condenado en 1616 en la Congregación del Índice, una oficina administrativa de la curia romana, con base en las consideraciones del Concilio de Trento que expidió la condena del libro hasta que se «corrigiera», mismo año en que se le llamó la atención a Galileo. En esa ocasión el papa Paulo V instruyó al cardenal Belarmino para reunirse con Galileo e informarle de la condena de heliocentrismo, además de pedirle que abandonara esta concepción. Durante los años siguientes Galileo no tocó el tema del copernicanismo, sino hasta 1623, tiempo en que ascendió un nuevo papa al trono, Urbano VII conocido y admirador de Galileo, quien le permitió retomar, con carácter hipotético el heliocentrismo.

El siguiente paso en favor de la revolución copernicana lo dio Tycho Brahe que, aunque fue partidario del geocentrismo, con la ayuda de instrumentos de su manufactura, aportó a la astronomía renacentista valiosas mediciones de los cielos destacadas por su precisión. Sobre esta labor calculadora se apoyó Johannes Kepler para su labor teórica, con la singularidad que este último describió un Universo regido en todas sus partes por las mismas leyes y por leyes de naturaleza estrictamente matemáticas. Hay armonía y regularidad en la estructura del mundo, pero ésta es estrictamente geométrica. El Dios platónico de Kepler construye el mundo geometrizándolo como lo veremos a continuación.

#### 5.4. Tycho Brahe y Johannes Kepler

Uno de los aportes más importantes de Tycho Brahe fue haber desarrollado la primera institución científica de los tiempos modernos al grado de poseer su propio observatorio astronómico. Brahe era mucho mejor astrónomo que Copérnico y lo demuestra en la recopilación de datos sobre el cielo: diseñó y construyó un gran número de nuevos instrumentos, más grandes, más sólidos y mejor calibrados. También inauguró la técnica de efectuar observaciones regulares de los planetas en su curso a través de los cielos, modificando la práctica tradicional de observarlos sólo en lugares del cielo particularmente favorables. A la llegada del telescopio se le dio el justo valor a las observaciones de Brahe que efectuó a simple vista errando tan solo en un minuto o de cuatro, según estuviera viendo

una estrella particular o un planeta<sup>336</sup>. En su laboratorio localizado en el estrecho de Oresund, realizó una gran cantidad de mediciones astronómicas precisas que tuvo que abandonar al haber conseguido otro trabajo con el emperador Rodolfo II, hombre más interesado en la alquimia. Sus mediciones quedaron en manos de su asistente Johannes Kepler, que emprendió la tarea de intentar conciliar las mediciones de Brahe y la teoría de Copérnico. Tycho era aristotélico y consecuentemente negaba la movilidad de la Tierra, al contrario de su contemporáneo Giordano Bruno al cual criticó en su *Astronomicarum epistolarum liber* de la siguiente manera:

Si algunos creen que una bala de cañón lanzada hacia lo alto desde un navío en marcha regresa al mismo sitio que si el navío estuviera en reposo, se equivocan de medio a medio. En realidad, la bala de cañón quedará tanto más atrás cuanto más rápidamente se desplace el navío.<sup>337</sup>

Aquí Tycho cita el clásico contraejemplo de la movilidad terrestre. Se preguntaba cómo es posible imaginar que la bala de un cañón lanzada hacia oriente y después hacia occidente recorra la misma distancia. Dijo «¿Puede creerse que tanto una como otra...recorrerán en tierra espacios iguales?»<sup>338</sup> Es como si la bala supiera donde caer. No hay movilidad según la experiencia en la propia Tierra, ni tampoco observando los cielos que no dilucidan la esperada paralaje.

Así fue como Tycho terminó negando tanto el sistema copernicano como el ptolomeico. En su propuesta cosmológica la Tierra ocupa en centro geométrico de la esfera de las estrellas fijas, alrededor de ella giran la Luna y el Sol como en el caso de Ptolomeo y Aristóteles, la diferencia radica en que los restantes cinco planetas giran en torno del Sol y no de la Tierra. Este sistema es una extensión al sistema de Heráclides, quien atribuía a Mercurio y Venus órbitas centrales en el Sol<sup>339</sup>.

Este sistema es realmente ingenioso: matemáticamente hablando es equivalente al de Copérnico. Resuelve el supuesto problema de las Sagradas Escrituras sobre la inmovilidad terrestre, contempla la ausencia de la paralaje, resuelve las anomalías aparentes de los planetas inferiores así como otras nuevas armonías que quedaron perfectamente manifiestas en el sistema de Brahe; no obstante los inconvenientes son manifiestos: Tycho también agrega epiciclos menores, excéntricas y ecuantas a su sistema, la órbita de Marte se intersecta con la del Sol imposibilitando la existencia de esferas que les proporcionasen el movimiento que les atribuía Tycho (de forma similar ocurre con la intersección de la órbita del Sol con la de Venus y Mercurio). Finalmente hay un inconveniente de más peso y es que ahora el centro

---

<sup>336</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 263.

<sup>337</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, España (1985) p. 170.

<sup>338</sup> *Ibid.*, p. 171.

<sup>339</sup> T. S. Kuhn, *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978) p. 265.

del Universo ha dejado de ser el centro de la mayoría de los movimientos celestes. A todas luces el modelo ticónico es más bien instrumentalista que físico. Por estas razones dicho sistema no convenció a los astrónomos neoplatónicos por lo que sus sucesores, como Kepler, se vieron atraídos por el sistema de Copérnico.

Hacia el final de la carrera de Brahe ocurrió un hecho sin precedentes que avivó el copernicanismo en Alemania. Resulta que en el año 1572 apareció en los cielos un nuevo cuerpo celeste, el cual poseía un gran brillo comparable al de Venus en su máximo esplendor; no obstante, dicho astro se fue oscureciendo durante los dieciocho meses siguientes hasta que desapareció completamente a comienzos del año 1574. La cuestión principal con este objeto fue su localización en el Universo. Se debía de suponer que se encontraba en la región sublunar, según la visión aristotélica, pero no registraba paralaje. Se le llamaba la «nueva estrella», con esto se ponía en entredicho toda una doctrina científica-filosófica. Una cuestión similar se desprendió en torno de los cometas de 1577, 1580, 1585, 1590, 1593 y 1596 que tampoco registraban una paralaje visible, por lo que eran colocados en la región supralunar<sup>340</sup>.

Kepler, al igual que Copérnico, creía que las estrellas estaba dispuestas en esferas de cristal concéntricas, pero poco a poco tuvo que abandonar esa teoría cuando descubrió que era imposible reconciliarlas con las mediciones que disponía Brahe. Su gran aporte ocurrió cuando, en lugar de intentar acomodar todos los planetas en un sistema por combinación de círculos, se concentró en Marte advirtiendo que su órbita describía una elipse alrededor del Sol. Una vez dado este gran avance, Kepler no tardó en mostrar que todos los demás planetas conocidos en ese entonces giraban alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas, y que incluso la órbita de la Luna alrededor de la Tierra era también una elipse.

Las desventajas de una trayectoria así son evidentes: no es una forma tan sencilla como el círculo además de enfrentar cuestiones como la posibilidad de los planetas de estar en algunos puntos más alejados que en otros. El punto a favor es que el descubrimiento de las órbitas elípticas fomentó el estudio de la gravedad y la dinámica celeste. Además que las órbitas explicaban porqué las estaciones no duraban lo mismo. Una elipse implicaba que la Tierra no se movía alrededor del Sol con velocidad constante; así, Kepler encontró una constante en el sistema: la velocidad multiplicada por el vector radio era siempre la misma.

Al sustituir las órbitas circulares por elipses y la uniformidad de los recorridos por la variabilidad según el radio vector, se desvaneció toda necesidad de las casi imprescindibles excéntricas, epiciclos, ecuantes, etc. Por primera vez las predicciones teóricas estaban en perfecto acuerdo con los datos obtenidos por la observación.

Los elementos que le dieron parte de su éxito a Kepler fueron principalmente tres: el primero fue su copernicanismo convencido desde su juventud que lo adentró en la astronomía de manera crítica; el segundo aspecto, es que disponía de las extraordinarias mediciones de Brahe. El mismo Kepler dice que sin tal precisión las observaciones podrían haber sido

---

<sup>340</sup> *Ibid.*, p. 270.

explicadas por una combinación clásica de círculos. El tercer punto fue su afán neoplatónico por obtener leyes naturales simples. Recordemos que los neoplatónicos son caracterizados por dos cosas: la primera es creer en la simplicidad de las leyes naturales que rigen todos los fenómenos naturales; y la segunda es que el Sol es la causa física de todos los movimientos celestes. Tanto sus más perdurables como efímeras contribuciones a la astronomía neoplatónicas están teñidas por estos dos aspectos.

Kepler también pudo calcular las órbitas, velocidades y distancias de los demás planetas en relación al Sol. Esto le permitió descubrir una constante: el cuadrado del periodo de rotación de los planetas es proporcional al cubo de su distancia media del Sol. Esta tercera y última ley de su autoría nuevamente es consecuencia de su neoplatonismo que le exigía dar una ley matemática para explicar un fenómeno natural.

El grado de su neoplatonismo fue tal que propuso como estructura cósmica una inscripción de los cinco sólidos regulares convexos<sup>341</sup> (sólidos platónicos) en las esferas de los seis planetas para deducir las dimensiones relativas de tal manera que entre la esfera de dos planetas contiguos encontramos un sólido platónico. Quizá se inspiró en las palabras del filósofo Timeo de Locri que aparecen en el *Dialogo* de Platón quien dijo que «El fuego está formado por tetraedros; el aire, de octaedros; el agua, de icosaedros; la tierra de cubos; y como aún es posible una quinta forma, Dios ha utilizado ésta, el dodecaedro pentagonal, para que sirva de límite al mundo». Entonces Kepler anidó dentro de la esfera del planeta más externo, que es Saturno, un cubo que contuviera la esfera de Júpiter y ésta hiciera lo mismo pero con un tetraedro; este sólido tenía dentro de sí la esfera de Marte que tenía inscrito el dodecaedro; entre las esferas de la Tierra y Venus estaba el icosaedro y entre Venus y Mercurio el octaedro<sup>342</sup>. Cuando Kepler planteó esta teoría no le interesó compararla con la observación empírica, pues creyó que su naturalidad y sencillez en tal composición por demás elegante seguramente se ratificaría sin lugar a dudas, algo que desde luego no ocurrió.

Las creencias religiosas de Kepler y su espíritu platónico lo llevaron siempre a intentar relacionar la geometría con la naturaleza, casi de la misma forma que un sacerdote buscaría una revelación de Dios por las noches. Kepler deseaba descubrir una revelación de la «geometría divina» y lo vemos nuevamente cuando relacionó las velocidades orbitales máximas y mínimas de los planetas con los intervalos consonantes de la escala musical.

Un poco aparte y para finalizar esta sección, abordamos la postura que tuvo Kepler sobre el desplazamiento de los proyectiles. En ella Kepler propuso que los objetos lanzados tenían un tipo de atadura similar a un conjunto de cadenas elásticas *jaland*o hacia el centro de la Tierra. Esta idea básicamente es una consecuencia de su sistema dinámico-terrestre en el que, sin la existencia de tales cadenas, los objetos quedarían suspendidos en el éter mientras la Tierra se alejaba de ellos, algo que en la experiencia cotidiana no ocurre. Por eso estas cadenas estarían por todos lados jalando a los objetos; por ejemplo, si las cadenas jalan una

<sup>341</sup> Sólidos convexos regulares de los que se ha demostrado que sólo son cinco posibles.

<sup>342</sup> El orden de anidación, luego entonces fue: cubo, tetraedro, dodecaedro, icosaedro y octaedro.

piedra, la cual nosotros sostenemos, sólo sentiríamos una fuerza hacia abajo porque las cadenas de la derecha se cancelarían con las de la izquierda resultando solo una componente vertical hacia abajo. Si moviéramos la piedra a algún lado (horizontalmente) tendríamos que vencer la resistencia de la mitad de las cadenas en cuestión. Además dice Kepler a su amigo Fabricius (carta 10 de noviembre de 1608) que «si la Tierra gira, las cadenas que arrastran (las orientales) estarán un poco más tensas que las otras. Pero la diferencia es muy pequeña: en efecto, la resistencia propia, la inercia de la piedra, no es del orden de magnitud de la fuerza de atracción de la Tierra. Prácticamente no hay que tomarla en consideración»<sup>343</sup>

Así es como explica Kepler la fuerza para la caída de los cuerpos terrestres y su arrastre junto con la Tierra en movimiento.

---

<sup>343</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, España (1985) p. 186.

## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Los escolásticos con sus ejercicios lógicos tan recurrentes, guiados del espíritu aristotélico, provocaron cierta actividad empírica, académica e incluso complejos cálculos matemáticos que con el tiempo fueron conformando una plataforma sólida en la que los primeros renacentistas supieron asirse de ella como el joven Galileo Galilei. Tras comprender las limitantes de la teoría escolástica y después de un arduo camino el pisano terminó por contradecir en todo a la física aristotélica: tanto el movimiento planetario de la región celeste, como en el lanzamiento de proyectiles y la caída acelerada, propios de la región terrestre, entre otros muchos aspectos.

Un Mundo separado por las categorías aristotélicas limitó el alcance que una disciplina pudiera ejercer en otra. Éste fue el caso de las matemáticas con la naturaleza, en particular, la imposibilidad de geometrizar el movimiento. No es que estuviera ausente esta posibilidad, pues el movimiento sideral se consideraba circular y uniforme —algo evidentemente de carácter geométrico—, la situación es que en ese tiempo tales características estuvieron más vinculadas a la divinidad que al campo propio de las matemáticas.

Las sucesivas etapas de la Antigüedad en la historia humana estuvieron plagadas por estas características y como ejemplo más claro tenemos la astrología en la que supuestamente el movimiento de los cielos repercutía en la vida del hombre y su destino, aun siendo ellos cuerpos celestes y nosotros propios de la región sublunar. El Dios griego básicamente no interactuaba con el hombre, pues disminuía su carácter de incorruptibilidad y superioridad, pero esto no impidió que reluciera nuestro egocentrismo y conjeturáramos la idea de un Universo interviniendo en nuestras vidas, con su casa como el centro mismo del Mundo.

Éstas y muchas otras ideas de la Antigüedad se mantuvieron latentes en el escolasticismo, mismo que no cobró un cuerpo sino posteriormente y gracias a la nueva deidad que ahora vivificaba las mentes de los estudiosos. Este hecho junto al choque cultural que ocurrió en Europa cuando reconquistó sus territorios que por algunos siglos fueron administrados por el Islam, toda esa herencia organizativa (amplio conjunto de instituciones) del imperio y su amor por la filosofía que tenían muy ligada a la medicina fomentó una corriente cristiana opositora que concluyó en la necesidad de racionalizar la fe y poder defenderla con argumentos lógicos como lo demuestra Santo Tomás y sus cinco vías, mismo autor que cristianizó a Aristóteles oficialmente.

En cuanto a la física del movimiento, también hubo una nueva visión de la realidad gracias al nuevo platonismo que surgió en este tiempo, que si bien fue más mágico que matemático durante el Medievo e incluso el Renacimiento, confluyó como una vía que vislumbraba la existencia de ese mundo ajeno que percibimos abstractamente y del que podemos disponer para definir nuestra realidad. El neoplatonismo pudo reverdecer significativamente en la sociedad cristianizada de entonces.

En el imperio carolingio ocurrió el primer intento por volver a levantar a Europa de su oscuridad. Carlomagno fue quien, tras ver toda la pobreza cultural de su Estado y la Iglesia hizo una reestructuración en sus instituciones siguiendo como ejemplo a los antiguos. En el sector educativo lo primero que hizo fue traer de Inglaterra a Alcuino de York con quien fundó escuelas, redactó manuales, intentó aprender de nuevo la lengua y el estilo clásicos.

Por otro lado, en Oriente también se impulsó una corriente a favor de las instituciones como hospitales, observatorios y bibliotecas que aunadas al crecimiento de las ciudades y una nueva administración de los bienes conformó una primitiva sociedad capital que con el tiempo evolucionaron en los gremios compuestos por intelectuales. El conocimiento abundó y el libro pasó a ser un artículo comercial junto con la palabra de los doctos que se volvieron sujetos codiciables para una sociedad cada vez más globalizada.

Las traducciones se volvieron un hábito y celo de una multitud de estudiosos deseosos de tener en sus manos la última esencia de la palabra griega y alejandrina antigua. Los albores de las traducciones estuvieron atestadas de imprecisiones que socavaron el conocimiento en muchas ocasiones tergiversándolo completamente, pero gracias a la insistente práctica se consiguieron traducciones cada vez más fieles.

El Islam fue una espada de doble filo, el cual favoreció y repercutió al mismo tiempo. Por un lado favoreció al traducir gran parte del legado ateniense y alejandrino pero el inevitable costo fue un sincretismo entre el Islam y la Antigüedad dejando plasmada la preocupación de los árabes por conciliar sus creencias con Aristóteles y su amor por la medicina. Ahora no sólo existía un Aristóteles sino que se multiplicaba: primero fue griego, después de madre sarracena, como acabamos de afirmar, y finalmente de madre cristiana como lo entendemos durante el periodo escolástico.

Las facetas de Aristóteles hacían de él un «reconocido desconocido». Tanto en Oriente como en Occidente Aristóteles era un maestro y sabio por excelencia; no obstante, en cada frontera había tanto de Aristóteles como de sí mismos en sus traducciones e interpretaciones.

La filosofía y la dialéctica se convirtieron en siervas del dogma religioso, el cual cobró un *corpus* más sistematizado y coherente. Con las sentencias de Aquino, la creencia en Dios no sólo debía de aceptarse por fe, sino que debía de estar fundamentada en la razón, la cual no podría hablar por sí misma sino como una herramienta para confirmar la sabiduría bíblica. Quizá el primero en mostrar el espíritu de esta nueva época fue el oxfordiano Grosseteste que aprendió del árabe Alhacén la teoría de la luz y con la que creó la suya propia.

La Óptica fue la ciencia que respaldó los trabajos de Grosseteste y a la vez la semilla primigenia de la matematización de la naturaleza escolástica. Recordemos que esta ciencia es de por sí matemática además de intuitiva. Grosseteste nos describió los fenómenos luminiscentes aunque para esta temprana época, no lo hace desde las matemáticas como nos gustaría sino que tales características matemáticas, en particular, geométricas, provienen de la naturaleza misma. Básicamente la visión de Grosseteste continúa siendo aristotélica, pero al modo de Alejandría que relativizó los fundamentos del Estagirita.

El espíritu que se respiraba en Oxford se orientó principalmente a las matemáticas y las ciencias naturales, Bolonia se inclinó al derecho y París a la teología y la filosofía. En Oxford como en París se levantaron filósofos que creyeron que en las matemáticas había un gran poder práctico en la naturaleza. No pocos eruditos oxfordianos se lanzaron en la empresa por la matematización del movimiento presentada con un algebra de palabras para el movimiento local. El ejemplo más claro nos lo ofrecen los eruditos del Merton College que se especializaron en este ramo como Thomas Bradwardine quien dio una salida alternativa a las tres corrientes «matemáticas» de movimiento reconocidas hasta entonces.

No obstante, en el escolasticismo había dos caras para hablar del movimiento: uno era el *fluxus formae* y en el otro la *forma fluens*. En el primer caso se entendía al movimiento como una cualidad del móvil diferente del lugar ocupado, es decir, algo independiente del mismo proyectil pero que existía dentro de él con su principal defensor al parisino Jean Buridan. Mientras que por el otro lado tenemos al oxfordiano Occam quien, haciendo uso de su principio de economía universal, dijo que un mundo en el que el movimiento no tuviese una realidad independiente al proyectil es más económico a uno que sí la poseyese. Es por eso que la *forma fluens* sólo arguye a los lugares ocupados por el proyectil sin algún agente más que esto. El movimiento no posee ninguna identidad ontológica propia, reduciéndose así el problema a una cuestión meramente del lenguaje en la que «movimiento» no debe ser visto como un sustantivo en la oración.

La visión predominante a lo largo de la historia fue en la que creyeron que el movimiento es una cualidad independiente del proyectil. Ya en la Antigüedad se había

levantado Hiparco con una teoría de este tipo, después de él Filopón en la Alta Edad Media, pero fue hasta los tratados de Buridan que la teoría del *fluxus formae* cobró verdadera fuerza.

El *flux formae* en su forma de *impetus* tiene por lo menos tres características sobresalientes: primero, es una teoría que podemos aplicar a ambas regiones del Cosmos, es decir, hay una unificación parcial de las leyes del Universo. Segundo: el reposo y el movimiento poseen ambos una explicación desde el punto de vista de la teoría del *impetus* algo que en última instancia se dirige a la relatividad del movimiento abriendo la posibilidad de una Tierra móvil como lo hará notar su discípulo Nicole Oresme, así mismo conlleva una actitud menos prejuiciosa para el estudio del reposo ante el movimiento; incluso gracias a esto el movimiento terminará por dejar de ser un ente independiente del móvil desapareciendo completamente el *flux formae* concluyendo que el que siempre tuvo la razón fue Occam. Como tercer punto tenemos que el *impetus* escolástico relacionado con la velocidad aplicada y la cantidad de masa guarda la misma relación que la cantidad de movimiento de la física contemporánea que es un concepto por demás útil para la mecánica contemporánea además que con el *impetus* el destino de los objetos no estaba determinado por el punto de llegada sino por el de partida (condiciones iniciales).

Este conjunto de aportes favoreció, en parte, la dilucidación de las fronteras aristotélicas del Universo, la unificación de las leyes y una nueva percepción del movimiento en relación con el reposo. La teoría del *impetus*, que aunque fundamentalmente era aristotélica, en más de un punto contradecía las explicaciones sobre el movimiento dadas por la física del Estagirita.

El *impetus* resolvió, por lo menos parcialmente los tres grandes problemas de la física aristotélica que siempre la persiguieron. Primero, el movimiento planetario es resultado de un *impetus* inicial otorgado por Dios al comienzo de la creación, mismo que no se detiene dada la ausencia de cualquier tipo de freno que lo desgaste. En el segundo punto, el incremento en la velocidad de caída es explicado por una acumulación de *impetus* por la masa del objeto y por los nuevos grados de velocidad. Para el caso de los proyectiles lanzados que continúan su movimiento sin tener contacto con algún motor que los dirija, la solución es que el proyectil continúa su movimiento porque ha adquirido un *impetus* impreso que va desapareciendo gradualmente hasta que llega a su lugar natural.

Cuando Aristóteles habló de los lugares naturales posibilitó la realización del movimiento, por eso, el punto central para la física renacentista fue la erradicación de *lugar natural*; sin éste la Tierra podría estar en movimiento o el Universo podría ser infinito.

El *impetus*, como una de las mejores cartas del avance escolástico, gozó de un gran sincretismo con el aristotelismo: es una teoría cualitativa, en la que los lugares naturales fueron los *impetus* naturales. También aceptó como válido al movimiento circular como el único capaz de durar perpetuamente.

El discípulo de Buridan, Oresme además de ser un transmisor de la teoría del *impetus* dio como aporte original su famosa representación gráfica de las cualidades la que inserta superficialmente la noción de medida. En esta visualización trasladamos a una imagen geométrica y concreta la realidad subjetiva y abstracta de las cualidades incluyendo la cualidad *movimiento*. Oresme también niega el vacío, la idea de lugar natural y comienza la tradición de los experimentos pensados con navíos que tiempo después se popularizarían con Giordano Bruno. Recordemos que la relatividad del movimiento, la idea de vacío y la infinitud del Universo son cruciales para la formulación del principio de inercia.

En este tiempo el cristianismo, con todos sus dogmas e instituciones, fue la vía que los eruditos medievales surcaron en su camino a nuevas teorías explicativas del Mundo. Había no pocas carencias ya que los avances en este periodo parecen ser aislados de los pre-renacentistas, con falta de citas bibliográficas y ausencia de una experiencia sistematizada y de investigación. Las discusiones más que nada sucedían en la abstracción como experimentos pensados o ejercicios lógicos. Por ejemplo, se dice que si un movimiento uniformemente acelerado ocurriera entonces seguiría el teorema del Merton College, lo que nunca significó que la caída de los cuerpos fuera acelerada, era solo un ejercicio lógico que tenía poco que ver con la realidad. En el escolasticismo la naturaleza no era el objeto de estudio ni la experiencia era su herramienta de trabajo, sino que, por el contrario, la observación de la naturaleza era sólo una herramienta para confirmar las hipótesis.

Lo que tampoco podemos permitirnos es aceptar la simplificación del contenido medieval y renacentista haciendo del primero un momento de oscurantismo abrumador sin nada digno de transmitirse a la posteridad. Es injusto si observamos que todos los puntos de la llamada ciencia renacentista estuvieron en boca de algún escolástico: los argumentos de una Tierra con la capacidad de moverse, un Cosmos no jerarquizado, infinitas combinaciones de círculos encajados, la existencia del vacío, matematización parcial de la realidad y otras tantas porfías fueron prácticamente una constante ininterrumpida de este tiempo. Curiosamente disertar sobre los mismos puntos reelaborando el contenido una y otra vez terminó por agotar su contenido.

Sabemos que el Renacimiento europeo ocurrió principalmente en el arte y la literatura, antes que en la ciencia del movimiento, por lo que no podemos asumir que llegado este tiempo de luz hubo una ruptura total con el Medievo científico porque no fue así. Lo que ocurrió es que el Renacimiento de las artes físicas y matemáticas fue menos esplendoroso que el humanista, y se manifiesta cuando revisamos su contenido saturado de pseudociencia como la astrología, las propiedades ocultas de los elementos, las atribuciones mágicas a las sustancias, entre otros muchos conocimientos desacreditados por el posterior «método científico».

La caída del imperio bizantino, fue uno de los hechos más trascendentales en las mediaciones del siglo XV. De la derrotada Constantinopla, tal y como ocurrió en el siglo XI, salieron numerosos refugiados instalados en Italia llevándose consigo manuscritos y tratados griegos hasta entonces desconocidos para el Occidente. Las obras traducidas configuraron

una corriente principalmente en el área de las matemáticas entre otras. Como ejemplo contamos con la obra de grandes pensadores como Leonardo da Vinci, Tartaglia, Giordano Bruno, Benedetti, los algebristas italianos, Guidobaldo del Monte y demás pensadores de esta nación tan provechosa y una de las fundadoras del Renacimiento europeo.

De las discusiones acerca de la trayectoria de los proyectiles sabemos que la explicación dominante sostuvo que la trayectoria estaba dislocada en dos rectas consecutivas e independientes una enseguida de la otra, a lo que se opusieron Leonardo da Vinci y después Tartaglia proponiendo una línea continua y suave. Este último también tradujo la obra arquimediana acerca del comportamiento de los cuerpos sumergidos en agua, en el que se hacía uso de herramientas del tipo geométrico. Por este tiempo también este italiano estuvo involucrado en la solución de las ecuaciones de tercer grado, que junto con Cardano y Bombelli desarrollaron lo que actualmente se conoce como el inicio del álgebra moderna cuyo problema central fue la resolución de las ecuaciones cúbicas.

De los autores anteriormente citados creemos que la labor de Benedetti es fundamental pues fue él, quien siendo profesor de Galileo, introdujo a este último en el conocimiento del *impetus* explicado en analogía con la fuerza de empuje arquimediana y que podemos detectar en los primeros trabajos del Pisano. Con esta visión arquimediana del movimiento Benedetti hizo posible el vacío en la naturaleza sin la necesidad de velocidades infinitas, pues el peso que tomamos en cuenta es el peso relativo que depende de cada medio en el que se encuentre, considerando el vacío como el medio más rarificado de todos.

Con Benedetti, tenemos que dirigir nuestra atención del movimiento de un proyectil en el comienzo de su movimiento más que al final, pretendiendo eliminar la idea de *lugar natural* por la de *condiciones iniciales*. Gracias al *impetus* tenemos permitido concebir el movimiento como producto de una causa interna que necesariamente no tiene que estar determinada a un fin. El espacio que se imagina Benedetti es un espacio geométrico y no físico. Es un espacio con la posibilidad de ser infinito como lo demanda el principio de inercia, aunque también es cierto que no es *homogéneo*, pues no puede dejar de lado las direcciones privilegiadas de abajo y arriba, es decir, el espacio de Benedetti es arquimediano o, más exactamente, epicúreo<sup>344</sup>.

De entre los pre-renacentistas también destacamos la labor de dos españoles: Juan de Celaya y Domingo de Soto, quienes abordaron el problema de la caída de los cuerpos y de quienes probablemente Galileo aprendió que dicha caída era acelerada. La exposición de la caída acelerada, sobre todo de Soto, es conservadora, pues aunque parte de sus resultados podemos considerarlos renacentistas, su argumentación es escolástica, pues aborda la cuestión de la caída acelerada como un punto particular de su esquema de los tipos de movimiento. Digamos que la caída acelerada es una comprobación de que se cumple el *movimiento uniformemente disforme respecto al tiempo*, es decir, la experiencia válida la

---

<sup>344</sup> A. Koyré, *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, México (2000) p. 83.

idea teórica. Esta manera de abordar la naturaleza es muy habitual en el escolasticismo que no tiene por objeto su estudio riguroso, sino que los fenómenos naturales son los que satisfacen la lógica conceptual.

Cuando Galileo por fin hace su aparición en el escenario, dice acerca del movimiento que es el problema más antiguo de la humanidad, y que sin embargo es todo un misterio. También se cuestiona como hay algunos que sostienen que el movimiento de caída es acelerado pero ninguno ha dicho que tan real es esto. Y de la misma manera, los proyectiles lanzados describen una trayectoria curva pero tan poco nadie ha aclarado que en realidad es una parábola. Por eso la empresa de Galileo consiste en indagar la esencia de estos fenómenos. Galileo sabe cómo es el movimiento, por eso lo que le interesa es saber la causa de por qué es así. De ahí la razón de que su trabajo cuente con algunos experimentos con planos inclinados, péndulos y balas de cañón.

Por el lado de la región celeste, aunque tenemos mediante la teoría del *impetus* una explicación del movimiento sideral relativamente nueva, es notable destacar que en realidad el continuador del sistema ptolomeico fue Copérnico y no Buridan. Esto es así porque mientras con el *impetus* parisino solo tenemos una reformulación de la teoría aristotélica, en el heliocentrismo encontramos oposición y tradición cuyos orígenes se remontan al sistema pirocéntrico de los pitagóricos, el sistema de Heráclides y más cercanamente el sistema aristarquiano que es considerado el primer sistema heliocéntrico en forma. Lo interesante y desafortunado a la vez, es que ninguno de estos sistemas tuvo un impacto en su sociedad siendo ignorados completamente. Creemos que fue así por la flagrante enemistad con que se levantaron todos esos sistemas ante el dominante sistema de las esferas homocéntricas, salvo el copernicano que supo infiltrarse con no pocos argumentos de naturaleza aristotélica. La única forma seria de atacar el aristotelismo siempre fue desde dentro, a través de sus mismos lineamientos y sobre sus vacíos.

El polaco respetó los cánones platónicos de homogeneidad y circularidad de las órbitas celestes, además de conjeturar que a la Tierra le correspondía el estado de movimiento y al Universo el de reposo por el simple hecho que es más pura y divina la inmutabilidad que la movilidad. Un argumento perfectamente aristotélico.

También con un argumento aristotélico refuta la clásica objeción de la rotación terrestre al afirmar que las cosas que son lanzadas hacia arriba tienen la capacidad de regresar a su punto de inicio no porque la Tierra sea inmóvil, sino porque dicho objeto estando cerca de la Tierra comparte su misma naturaleza terrestre.

El modelo copernicano fue bien acogido y gracias al prólogo de Osiander en el que se expuso como una mera construcción hipotética de la realidad lo llevó a incluso a ser recomendado por el clero. La forma de exposición del sistema de Copérnico demuestra de éste una mayor cercanía a Aristóteles y Ptolomeo que los renacentistas, pues, como los antiguos, no realizó ningún tipo de experimento, ni efectuó observaciones significativas del Universo. Al adentrarnos en la lectura del *De Revolutionibus*, cuando Copérnico intenta

aplicar su modelo a las mediciones teóricas, vuelve a los rudimentos que él mismo aborreció arguyendo a la falsa economía de su sistema con una menor cantidad de círculos orbitales. La cima de esta regresión teórica la tenemos cuando vemos que Copérnico supone como centro del Cosmos el centro de la órbita terrestre que no está ni siquiera en algún punto dentro del Sol, sino fuera, haciendo del modelo copernicano tan ficticio como el ptolomeico que aborrecía.

En su actitud frente a la naturaleza, hombres como Roger Bacon, Nicolás de Cusa, William de Occam y Buridan, que antecedieron a Copérnico en un siglo o dos eran «modernos» comparados con este último. Realizaron notables progresos en el estudio del impulso, de la caída y la aceleración. Negaron la física aristotélica por todas sus inconsistencias y fracturas. En el Merton College, un siglo y medio antes que Copérnico, una serie de hombres de fama menor que la de Copérnico habían perturbado de su base la autoridad de la física aristotélica de la cual Copérnico fue un esclavo toda su vida<sup>345</sup>. El hecho de que el astrónomo alemán Regiomontano haya ofrecido un observatorio astronómico en lugar de un sistema cosmológico (siglo XV) manifiesta la necesidad de quitar a la física aristotélica y la teoría ptolomeica del camino<sup>346</sup>. Este alemán entendió que la verdadera necesidad de un modelo real yace en la observación detenida de los cielos y no en la profundización intelectual con elaborados sistemas cosmológicos. Consideramos que este paso es decisivo para la nueva descripción de los cielos. Sin mejores observaciones la línea argumentativa habría continuado siendo netamente aristotélica; habríamos redundado una y otra vez sobre la visión aristotélica y ptolomeica como en un laberinto sin salida.

De entre los astrónomos de renombre también contamos a Tycho Brahe con sus escrupulosas mediciones y a Johannes Kepler, quién formuló tres leyes geométricas sobre las orbitas planetarias y gracias a las cuales se fomentó *a posteriori* el estudio de la gravedad como ingrediente principal de la dinámica celeste. La observación sidereal impulsó la cosmología copernicana que pasó gradualmente, de ser una creencia filosófica escolástica, a una teoría «científica» renacentista.

Kepler, además de sus leyes orbitales, pensó que las distancias de los planetas estaban relacionados geoméricamente según las proporciones que guardan los sólidos platónicos, anidados mutuamente, de alguna manera siguiendo la idea de las esferas homocéntricas aristotélicas. Kepler fue un filósofo natural aristotélico y platónico atrapado en el cuerpo de un cristiano, certificando en su persona el espíritu escolástico al comienzo del Renacimiento. En Alemania efervescía la reforma protestante de Lutero, mientras que en Italia se forjaba la oposición conservadora resultando en una enemistad internacional. En la península todo lo que viniera de los alemanes era repudiado. Sólo la mente de los verdaderos renacentistas italianos como Giordano Bruno y Galileo albergó el heliocentrismo aun después de haber sido criticado, comentado y profundizado por la nación germana.

---

<sup>345</sup> A. Koestler, *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981) p. 198.

<sup>346</sup> *Ibid.*, p. 210.

Los precursores renacentistas guardaron un auténtico interés por la verdadera esencia de la naturaleza física de las cosas. Indagaron sobre la caída de los cuerpos y la trayectoria de los proyectiles así como la de los astros. Su interés se inclinó por conocer los principios matemáticos de la naturaleza. Su método se vio concretado en la experimentación, como Galileo con sus planos inclinados y péndulos para el movimiento en la Tierra, y con el telescopio reservado para el cielo. La sagaz mente del pisano encontró tranquilidad en la observación controlada de la naturaleza. Cuando Galileo observó mediante el telescopio las lunas de Júpiter demostró que existen diversos centros de movimiento orbital; cuando detectó las montañas lunares supuso a este satélite como un cuerpo parecido a la Tierra, con peso y de un material similar a la Tierra. Además descubrió que el planeta Venus también posee fases como las de la Luna probando que se mueve alrededor del Sol. Con todos estos elementos a favor resulta totalmente natural hablar de una Tierra en movimiento.

No podríamos hablar de la historia del movimiento hasta el Renacimiento sin dejar de mencionar, siquiera al final de este trabajo, a Rene Descartes. No es que el filósofo francés se le diera la estocada final al aristotelismo, porque tanto él como los antiguos, siguió varias enseñanzas místicas y ocultas para nosotros. Su afán es el mismo que el de los aristotélicos el cual fue encontrar una causa de los sucesos observados. La diferencia es que Descartes supone que son las leyes naturales la causa explicativa y no “poderes ocultos” o “formas sustanciales”. Por cierto leyes de la naturaleza matemáticas y descritas con modelos geométricos. Descartes da tres principios de la naturaleza para el movimiento que después se sintetizarán en el principio de inercia<sup>347</sup> de permanecer en movimiento o en reposo indefinidamente y la conservación del momento lineal. Aún Descartes, en su argumentación del movimiento, mantiene la ortodoxia medieval y de la cristianización que hicieron San Agustín y Tomás de Aquino al afirmar que *Dios es la primera causa del movimiento y mantiene constante la cantidad de movimiento en el Universo*<sup>348</sup>. Las leyes son impuestas en la naturaleza por Dios derivadas de su inmutabilidad que por su misericordia son accesibles al ser humano por medio de su razonamiento que son desde luego de carácter divino y matemático. En la opinión de algunos críticos, Descartes secularizó la teología dejando a Dios como un fenómeno natural.

La época escolástica que rescató y difundió el saber de la Antigüedad también se encargó de criticarla y comentarla hasta llegar al punto de agotarla en todas sus posibilidades, por lo que terminó vertiéndose contra ella misma. Las herramientas de las que dispuso fueron la lógica y la dialéctica, además de una cada vez más afinada abstracción matemática en conjunto con la fe cristiana. En el Renacimiento se profundizó más en la experimentación y

---

<sup>347</sup> Ver Ruíz D., *Descartes y el Concepto de Leyes de la Naturaleza*, Universidad de Antioquia, Medellín (2012) p. 17.

<sup>348</sup> Ruíz D., *Descartes y el Concepto de Leyes de la Naturaleza*, Universidad de Antioquia, Medellín (2012) p. 18.

finalmente se le dio el peso que la experimentación real<sup>349</sup> legítimamente merece para el análisis de la naturaleza.

---

<sup>349</sup> Fuera de los experimentos pensados que todo el escolasticismo mantuvo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Almiral, J., *La Academia*, Societas Philosophorum Viventium, Barcelona (2007).
2. Alsina, J., *El Neoplatonismo. Síntesis del espiritualismo antiguo*, Ed. Anthropos, España (1989).
3. Álvarez, J. L., *La obra de Galileo y la conformación del experimento en la física*, Rev. Mex. Fis., Vol. XLIX, No. 1, México (2003).
4. Aristóteles, *Acerca del Alma*, Traducción y notas: Calvo, Ed. Gredos, Madrid (2003).
5. Aristóteles, *Acerca del Cielo*, Traducción y notas: Candel, Ed. Gredos, Madrid (1996).
6. Aristóteles, *Física*, Traducción y Notas: G. R. de Echandía, Ed. Gredos, Madrid (1995).
7. Aristóteles, *Física*, Traducción y notas: U. Schmidt Osmanczik, Programa editorial de la Coordinación de Humanidades, México (2005).
8. Aristóteles, *Metafísica*, Traducción y notas: P. Azcárate, Proyecto filosofía en español, Madrid (2005).
9. Aristóteles, *Obras*, Traducción y Notas F. Samaranch, Ed. Aguilar, Madrid (1964).
10. Artigas, M., *Nicolás Oresme, Gran Maestro del colegio de Navarra, y el Origen de la Ciencia Moderna*, Ed. Universidad de Navarra, Publicado en Príncipe de Viana No. 9, Suplemento anual (1989).
11. Bell (et al.), *Historia de las matemáticas*, Traducción de R. Ortiz, Fondo de Cultura Económica, México (1949).
12. Beltrán Marí, A., *Galileo, Ciencia y Religión*. Ed. Paidós, España (2001).
13. Bercot, D. W., *Cuando el cristianismo era Nuevo*, Ed. Scroll Publishing (1994).
14. Bernal, D. J., *La Ciencia en la Historia*, Ed. Nueva Imagen, México (2005).
15. Bernal, D. J., *Science in History*, Vol. I, Ed. Pelikan Books, Inglaterra (1969).
16. Boeri, M. D., *Pseudo Justino y la recepción de la Física aristotélica en la Antigüedad tardía*, Revista Tópicos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina (1998).
17. Bolado, G., (et al.), *Lecturas Fundamentales de Historia de Filosofía*, Ed. Publican de la Universidad de Cantabria, España (2012).
18. Bosch, J., *Breve Historia de los Pueblos Árabes*, Ed. Alfa y Omega. República Dominicana (2003).

19. Boyer, *A History of Mathematics*, Wiley International Edition, United States of America (1968).
20. Bravo, G., *La caída del Imperio Romano y la Génesis de Europa*, Ed. Complutense, Madrid (2001).
21. Bruno, G., *Sobre el infinito Universo y los mundos*, Ed. Terramar, La Plata (2008).
22. Cairns, *Christianity Through the Centuries*, Ed. Zondervan Publishing House MI, E.E. U.U., (1954).
23. Campuzano, M., *Giordano Bruno. Fuego en el Alma y Alma en el Fuego*, Ed. Vision Libros, Madrid (2013).
24. Campuzano, M., *Kepler y Newton. Encuentros con la Armonía Sideral*, Ed. Vision Libros, Madrid (2011).
25. Catalá, J. S., *España en los siglos XV y XVI*, Ed. Akal, Vol. XIV, Madrid (1992).
26. Clagett, M., *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, Wisconsin University Press, Madison (1961).
27. Cohen, I. B., “La historia y el filósofo de la ciencia”, en F. Suppes (comp.), *La estructura de las teorías científicas*, Editora Nacional, España (1979).
28. Coronado, G., *Heráclides y Aristarco. Propuestas astronómicas no Ortodoxas en el Pensamiento Griego*, Coris. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades Vol. IV, Costa Rica (2006).
29. Crombie, A., *Historia de la Ciencia: De San Agustín a Galileo*, Ed. Alianza, Vol. II, Madrid (2000).
30. Cross, R., *The medieval Christian philosophers: n introduction*, Ed. Tauris, London (2014).
31. Cuesta, J. I., *Breve Historia de las Cruzadas*, Ed. Nowtilus, Madrid (2005).
32. Glasner, R., *Averroes’s physics: a turning point in medieval natural philosophy*, Ed. Universidad de Oxford, New York (2009).
33. Goddu, A., *Copernicus and the Aristotelian tradition: education, reading, and philosophy in Copernicus’s path to heliocentrism*, Ed. K. Brill, Netherlands (2010).
34. Dacier, A., *Las Revelaciones de Pitágoras: sus símbolos y los versos dorados analizados detalladamente*, Ed. Humanitas, Barcelona (2011).
35. Dampier, *Historia de la Ciencia y sus Relaciones con la Filosofía y la Religión*, Ed. Tecnos, Madrid (1997).
36. Dear, P., *La Revolución De Las Ciencias*, Ed. Marcial Pons Historia (2007).

37. Duhem, P., *Le systeme du monde. Historia des doctrines cosmologiques de Plato a Copernic*, París (1913).
38. Duhem, P., *Medieval Cosmology: Theories of Infinity, Place, Time, Void, and the Plurality of Worlds*, Chicago University Press, Chicago (1987).
39. Durán, A., *El Legado de las Matemáticas: De Euclides a Newton: Los Genios a través de sus Libros*, Ed. Universidad de Sevilla, España (2000).
40. Echeverría, V., *El movimiento de proyectiles en la mecánica de Diego Hurtado de Mendoza y la nueva dinámica renacentista*, Revista Asclepio, Vol. LXIII, No. 1, España (2011).
41. Emecé, *La filosofía griega desde su origen hasta Platón*, Vol. II, Buenos Aires (1954).
42. Espoz Le-Fort, *De Cómo el Hombre Limitó la Razón y Perdió la Libertad*, Ed. Universitaria, Santiago de Chile (2003).
43. Galilei, G., *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*, Ed. Alianza, Madrid (2011).
44. Geiges, H., *The geometry of celestial mechanics*, Ed. Universidad de Cambridge, Cambridge (2016).
45. Gibbon, E., *The History of the Decline and Fall of the Roman Empire*, Londres, (1898).
46. Ginnobili, S., (et al.), *Deferentes, epiciclos y adaptaciones*, Asociación de filosofía e historia de la ciencia del Cono Azul, Campiñas (2008).
47. Goldstein, T., *Los Albores de la Ciencia*, Editorial Fondo Educativo Interamericano, México (1984).
48. González, F., *La biblioteca de Alejandría*, Ed. Gredos, Madrid (2001).
49. González, L., *Enseñanza de la Física (cinemática y ley de inercia) a partir de las concepciones de Galileo Galilei, para estudiantes de décimo grado*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (2012).
50. Grant, E., *Physical Science in the Middle Ages*, Cambridge University Press, Cambridge (1978).
51. Grant, E., *Physical sciences in the Middle Ages*, Cambridge University Press (1977).
52. Gribbin, J., *Historia de la ciencia*, Ed. Crítica, Barcelona (2006).
53. Guerrero, R., *Averroes: Cosmología y Filosofía, Ciencia y cultura en la edad Media*, Ed. Universidad Complutense, Madrid (2003).

54. Halpen, L., *Carlomagno y el imperio carolingio*, traducido por M. Jorge, Ed. Akal, Madrid (1992).
55. Harriet, F., *La tradición platónica acerca de los principios en Orígenes de Alejandría*, Revista Diánoia, Vol. LVII, No. 68, Buenos Aires (2012).
56. Holton, G., *Introducción a los Conceptos y teorías de las ciencias físicas*, Ed. Reverté, Barcelona (2004).
57. I Mas, A. S., *Aproximación al Mundo Islámico*, Ed. Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Barcelona (2003).
58. Jiménez, J., *Filosofía*, Revista filosófica de la Universidad de Costa Rica Vol. XXX, Costa Rica (1992).
59. Jolivet, J., *La Filosofía Medieval en Occidente*, Vol. IV, Ed. Siglo XXI, México D. F. (1990).
60. Knabenchuh, *Ontología del Movimiento en la Cosmología Venezolana del siglo XVIII*, Centro de Estudios Filosóficos, Universidad de Zulia (1996).
61. Koestler, A., *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México D. F. (1981).
62. Koestler, A., *Los Sonámbulos*, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México (2007).
63. Koyré, A., *Estudios de Historia del Pensamiento Científico*, Ed. Siglo XXI, México D. F. (2000).
64. Koyré, A., *Estudios Galileanos*, Ed. Siglo XXI, España (1985).
65. Koyré, A., *Místicos, espirituales y alquimistas del siglo XVI alemán*, Ed. Akal, Madrid (1981).
66. Krag, H., *Introducción a la historia de la ciencia*, Ed. Crítica, Barcelona (1989).
67. Kuhn, T. S., *La Revolución Copernicana*, Ed. Ariel, España (1978).
68. Kuhn, T. S., *La estructura de las revoluciones científicas*, Ed. Fondo de Cultura Económica, México (1995).
69. Labarriere, P., *De la Europa Carolingia a la era de Dante*, Ed. Akal, Madrid (1997).
70. Le Goff, J., *Los intelectuales de la Edad Media*, Ed. Gedisa, Barcelona (1989).
71. Leiden (Et al.), *Nicholas of Cusa and Islam: polemic and dialogue in the late Middle Ages*, Ed. Brill (2014).
72. Lenzenweger, J., (et al.), *Historia de la Iglesia Católica*, Ed. Herder, España (1989).
73. Lewis, B., *Los Árabes en la Historia*, Ed. Edhasa, España (2004).

74. Lindberg, *Los inicios de la ciencia occidental. La tradición científica europea en el contexto filosófico, religioso e institucional (desde el 600 a.C. hasta 1450)*, Ed. Paidós, Barcelona (2002).
75. Lindberg, *The Beginning of Western Science*, Chicago University Press (1992).
76. Luigi Firpo, *Il processo di Giordano Bruno*, Rivista Storica Italiana (Napoli), LX, Italia (1948).
77. Mankiewicz, R., *Historia de las matemáticas. Del cálculo al caos*, Ed. Paidós, Barcelona (2005).
78. Martín, E., *Galileo y la Biblia Hebrea*, Departamento de Estadística. Pontificia Universidad Católica de Chile (2002).
79. Martínez, A., *Sobre el concepto de materia en Averroes. A propósito de la 'izquierda aristotélica' en la filosofía árabe*, Ed. Trotta, Madrid (1993).
80. McEvoy, J., *Robert Grosseteste*, Ed. Universidad de Oxford, Oxford (2000).
81. Oresme, *Expositio et questions in Aristotelis De anima*, Editions de l'Institut supérieur de philosophie; Peeters, Louvain-la-neuve (1995).
82. Padilla, T., *Metafísica del Infinito según el esencialismo de Juan Duns Escoto*, Ixtapaluca (2012).
83. Pérez, A., *Estudios filosóficos de historia de la ciencia*, Ed. Encuentro, Madrid (2005).
84. Pérez, J. J., *Domingo de Soto en el Origen de la Ciencia Moderna*, Ed. Complutense, Madrid España (1994).
85. Pirenne, H., *Mahoma y Carlomagno*, Ed. Alianza, Madrid (1978).
86. Poincaré, H., *Filosofía de la Ciencia*, Ed. CONACYT, México D. F. (1984).
87. Platón, *Diálogos*, Traducción y notas M. Martínez, Ed. Gredos, Madrid (1988).
88. Prieto, L., Buridan, *El Impetus y la Primera Unificación de la Física Terrestre y Celeste*, Artículo publicado en la revista italiana "21mo. Secolo: scienza e tecnologia" (2008).
89. Ramírez, J., *Reflexiones sobre las ideas de Nicole Oresme*, Revista Asclepio, Vol. LIX, No. 1, Madrid (2007).
90. Rodríguez, O., *Las Matemáticas en el Renacimiento*, Apuntes de historia de las Matemáticas, Vol. I, No. 3, (2002).
91. Ruíz, A., *Historia y filosofía de las matemáticas*, Ed. Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica (2003).

92. Ruíz, D., *Descartes y el Concepto de Leyes de la Naturaleza*, Universidad de Antioquia, Medellín (2012).
93. Sánchez, C., *España y el Islam*, Ed. Sudamericana, Buenos Aires (1943).
94. Sanz-Bergan, *Legado y Patrimonio de las Universidades Europeas*, Ed. Consejo de Europa, México (2005).
95. Sarton, G., *The history of science and the new humanism*, Cambridge University Press, Massachusetts (1987).
96. Sepúlveda, A., *Los conceptos de la Física. Evolución Histórica*, Ed. Universidad de Antioquía, Colombia (2003).
97. Singer, C., *Historia de la Ciencia*, Fondo de Cultura Económica, México (1963).
98. Sobel, D., *Un cielo pluscuamperfecto: Copérnico y la revolución del cosmos*, Ed. Turner, Madrid (2012).
99. Toscano-Ancochea, *Místicos, Neoplatónicos-Neoplatónicos Místicos. De Plotino a Ruysbroeck*, Ed. Etnos, España (1998).
100. Trueba, J. L., *Ciencia: Una Historia Contada Por Sus Protagonistas*, Ed. Santillana, Tomo II, México (2004).
101. Vaneigem, R., traducción J. Anaya, *Las Herejías*, Ed. Jus, México (2008).
102. Villoslada, R. G., *La Universidad de París Durante los Estudios de Francisco de Vitoria*, Ed. Universidad Gregoriana, Roma (1938).
103. Watson, P., *Ideas. Historial Intelectual de la Humanidad*, Ed. Crítica, España (2006).
104. Wolfson, *The Philosophy of Spinoza*, Harvard University Press (1924).