

## ELEMENTOS DE CONTINUIDAD Y DISCONTINUIDAD ENTRE LA CIENCIA MEDIEVAL Y LA PRIMERA REVOLUCION CIENTIFICA

Edgar Roy Ramírez B.

*"La ciencia de la edad media era una parte del intento humano de comprender el mundo de la naturaleza a la luz de la sola razón. Una vez que esto se entienda, la edad media no podrá seguir siendo considerada por los historiadores de la ciencia como la edad oscura, sino, más bien, ha de ser vista como un período de una ilustración gradual, que culmina en los siglos trece y catorce, cuando los fundamentos reconocibles para la era científica moderna fueron colocados". William A. Wallace*

**Resumen:** *Además de la tendencia mecanicista que representa el elemento de discontinuidad, se muestra en este artículo la importancia decisiva que tuvo la labor de los traductores de los siglos XII y XIII. También se plantea como la tendencia realista y la tendencia "pitagórica" de matematización de los fenómenos, que luego ejercerían una gran influencia durante la primera revolución científica, tienen su despliegue conceptual durante la edad media. En suma, se trata de destacar los factores de continuidad que permiten valorar de una manera diferente la influencia de la edad media sobre la revolución científica del siglo XVII.*

### 1. Las traducciones

No cabe la menor duda de que la edad media desempeña un papel de gran importancia en el desarrollo de la ciencia de los siglos ulteriores. A decir verdad, el resurgimiento de la ciencia griega a partir de las traducciones que se llevaron a cabo durante los siglos XII y XIII cambiaron el curso y la historia de la ciencia. La labor de traducción fue un trabajo de equipo: traductores de toda Europa aflúan a España en donde a partir de la caída de Toledo (1085) o su reconquista por parte de los cristianos, estuvo a la dispo-

sición de una intelectualidad del occidente latino el acervo de la ciencia griega que los árabes habían conservado amén de los propios aportes árabes en astronomía, óptica medicina y álgebra. Otros centros de traducción que se constituyeron estaban en Sicilia y en el norte de Italia, donde se traducía directamente del griego. En España, por otro lado, se traducía del árabe.

Son varios los traductores de importancia, pero el más destacado de los traductores del siglo XII fue Gerardo de Cremona (ca 1114-1187), a quien por su ingente actividad de traducción se le ha llamado "el partero de la ciencia occidental". Entre los autores que Gerardo de Cremona tradujo del árabe al latín estaban Galeno, Avicena, Aristóteles, Euclides, Al Khwarizmi, Rhazes y Ptolomeo. De los 71 tratados que tradujo destacaremos algunos: *La analítica posterior, la física, Del cielo, Sobre la Generación y la corrupción, Los meteoros* (Aristóteles); *Los elementos* (Euclides); *Sobre los elementos, Comentario sobre el tratamiento de Hipócrates de las enfermedades graves* (Galeno); *Almagesto* (Ptolomeo), *El canon* de Avicena, etc.

La labor de traducción realizada por Gerardo de Cremona, quien lega al medioevo obras de geometría, astronomía, filosofía, medicina, alquimia, habría sido suficiente para cambiar por completo el destino de la ciencia occidental.

En el siglo XIII, William de Moerbeke (c. 1245- c. 1286) fue el traductor más destacado del griego al latín. Por solicitud de su amigo Sto. Tomás de Aquino, Moerbeke lleva a cabo traducciones directas de toda la obra de Aristóteles con excepción de los *Analíticos*. A la obra de Aristóteles, Moerbeke agrega la traducción de los comentaristas de Aristóteles: de Alejandro de Afrodisias -quien fue director del Liceo por algún tiempo entre 198 y 211, y es uno de los mejores comentaristas griegos de Aristóteles- tradujo cuatro obras; de Juan Filópono (S. VI, d. C.), *Comentario sobre el De anima*; de Temistio (fl. 400 d.C.) *Paráfrasis del De Anima*; y también tradujo de Simplicio (S. VI d. C.) *Comentario sobre Del Cielo* y *Comentario sobre las categorías*. A la obra de Aristóteles y sus comentaristas, William de Moerbeke agrega, además de algunos trabajos de Hipócrates, Galeno y Proclo, la traducción de casi la totalidad de los trabajos de Arquímedes: *Sobre las líneas espirales*, *Sobre el equilibrio de las figuras planas*, *la cuadratura de la parábola*, *Medida del círculo*, *Sobre la esfera y el cilindro*, *Sobre conoides y esferoides*, *Sobre los cuerpos flotantes*; solo quedan por fuera *el Arenario*, *los Lemmata* y *el Método*.

Hemos dado una muestra de la recuperación de la ciencia griega por parte del Occidente latino, que pasó por su período de menos creatividad desde el siglo V al siglo X. El material con que se trabajó durante este tiempo fue sobre todo el suministrado por los enciclopedistas, cuyo trabajo era una mezcla de realidad y ficción, hecho y fábulas, en torno a la naturaleza. La otra fuente eran los tratados teológicos que continuaron la tradición hexameral del Génesis y de algunos padres de la iglesia.

Es tal el impacto que el nuevo conocimiento, que proveen las traducciones, causa sobre la intelectualidad europea que para afrontarlo, asimilarlo y difundirlo, se crean las universidades. En suma, en el momento en que las escuelas catedrales se muestran insuficientes ante la gran irrupción del nuevo conocimiento se hace necesario, entre otras razones, la creación de las universidades. Ante el desbordamiento que experimentan las escuelas catedrales de los siglos XI y XII, las universidades surgen en el siglo XIII como una respuesta institucional para entender, pagar y enriquecer el nuevo conocimiento.

Las traducciones y los comentarios de los pensadores medievales proveen el contexto de

pensamiento o la atmósfera intelectual en que luego se solucionarán algunos de los temas generales y problemas científicos específicos por parte de los autores de la primera revolución científica: "sin la valiente labor de este pequeño ejército de traductores durante los siglos XII y XIII, no solo no habría cristalizado la ciencia medieval, sino que además la revolución científica del siglo XVII difícilmente podría haber ocurrido" (1).

## 2. El mecanismo o el elemento de discontinuidad

El mecanicismo o la afirmación de que los cambios en la naturaleza pueden explicarse por medio de partículas en movimiento representa el elemento de discontinuidad o separación entre la edad media y la primera revolución científica. En dos versiones se expresa el mecanismo durante la revolución científica del siglo XVII: el atomismo (átomos y afirmación del vacío) y el corpularismo (corpúsculos y afirmación del plenum).

Hasta donde se sabe, el único atomista medieval fue Nicolás de Autrecourt (c. 1300- después de 1350). Este autor, que por sus críticas a la causalidad ha sido llamado el "Hume medieval", defendió el atomismo como explicación del mundo alternativa frente al aristotelismo. La manera cómo Autrecourt plantea el atomismo recalca el punto de vista polémico, es decir, el objetivo que procura es ante todo el restarle importancia al aristotelismo que, según Autrecourt, era incapaz de proveer algún conocimiento cierto, ya que "cualquiera que sean las condiciones que suponemos que pueden ser las causas de un fenómeno, no sabemos, evidentemente, que cuando se pongan esas condiciones se seguirán los efectos en cuestión". La anticipación de David Hume es notable. Nicolás de Autrecourt, teólogo de inspiración occamista, creía al igual que el Venerable iniciador que era imposible tener certeza respecto de las relaciones causales: "solo poseemos el hábito de hacer conjeturas". El conocimiento probable es el único posible de obtener.

El objetivo polémico de Autrecourt se ubica en la atmósfera teológico-filosófica que genera la condena al pensamiento aristotélico del año 1277: "Nicolás expresó su esperanza de que su crítica de lo que se podía conocer con certeza

se pusiese al servicio de la fe cristiana. Notaba con desaprobación que los estudiosos gastaban vidas enteras en el estudio de Aristóteles. Sugirió que sería mejor si esta energía se gastase en mejorar la fe y la moral de la comunidad" (2).

Frente a la certeza absoluta que Nicolás de Autrecourt solo concede a la fe y al principio de no-contradicción, Jean Buridan, rector de la Universidad de París, replica que los principios que se aceptan en las ciencias no son evidentes inmediatamente ya que se puede dudar de ellos por mucho tiempo, y se "les llama principios porque son indemostrables y no pueden deducirse de otras premisas ni pueden probarse por procedimiento formal alguno. Se les acepta, empero, porque se ha observado que son verdaderos en muchos casos y falsos en ninguno". En otras palabras, según Buridán, la opción frente a la ausencia de certeza absoluta no es el escepticismo, sino los grados de evidencia o certeza que proceden de la inducción tal como lo plantea en el texto: "porque se han observado que son verdaderos en muchos casos y falsos en ninguno". Esta certeza es suficiente y operante en las ciencias naturales, basta la evidencia condicional o hipotética (3).

Volvamos al atomismo de Nicolás de Autrecourt. El cambio aparente -recordemos que en los atomistas el cambio es siempre de segundo grado, es decir, es cambio en los conglomerados de átomos y no en los propios átomos, que son en sí mismos inmutables- lo explica Autrecourt como reunión o convergencia de átomos (la generación, el nacimiento) y por disgregación o separación de átomos (la corrupción, la muerte de los cuerpos). Al igual que los atomistas clásicos defiende, aunque por razones distintas, la eternidad de los átomos; y a diferencia de los atomistas clásicos, Nicolás de Autrecourt no sostuvo ni la infinitud del universo ni la pluralidad de mundos.

El atomismo de Autrecourt, al igual que el propio autor no tuvieron mucha suerte. Nicolás de Autrecourt fue llamado a la curia papal de Avignon acusado de defender errores en teología y en filosofía (cargos de error y herejía), en 1340. Su proceso dura varios años y por último, el 25 de noviembre de 1347, fue obligado a retractarse públicamente. Se le privó de sus títulos, se le prohibió recibir el doctorado en teología, se le prohibió la práctica de la enseñanza y se le obligó a presenciar la quema pública de sus li-

bros. Pocos escritos se salvaron de las llamas y se les descubre varios siglos después en los siglos XIX y XX en la Bibliothéque Nationale y en la Biblioteca Bodleiana (4).

El atomismo tenía en su contra el ser un materialismo sin concesiones y por lo tanto el tender hacia el ateísmo (paradójicamente Autrecourt era teólogo) y también tenía en contra el ser una posición antiaristotélica. Las exposiciones del atomismo eran siempre para rechazarlo, con la excepción de Nicolás de Autrecourt.

No es sino en 1417 que Gian Francesco Poggio Braciolini descubre lo que luego habría de reconocerse como el único ejemplar del *Rerum natura* de Lucrecio que subsistió desde la antigüedad. Y con esto queda abierta la posibilidad del renacimiento o, quizás mejor, el nacimiento del interés por el atomismo.

El atomismo recibe su aceptación (pierde su aguijón) como postura filosófica respetable a partir del "bautizo" que le da Pierre Gassendi (1592-1655); y con ello irrumpe el mecanismo en la primera revolución científica como alternativa seria frente al aristotelismo.

### 3. La matematización de los fenómenos

Entre los elementos de continuidad entre la edad media y la revolución científica se encuentra la tendencia de matematizar los fenómenos; vertiente esta que se desarrolla predominantemente en la universidad de Oxford. Es así como en un ambiente en el que se entrecruzan elementos aristotélicos y elementos neoplatónicos-metafísica de la luz- y con una preocupación explícita por los fenómenos ópticos, surge la fisicomatemática con Roberto Grosseteste (1168-1253). Nos dice el inspirador y precursor de la atmósfera intelectual que dominará los predios oxonienses:

"La utilidad de considerar líneas, ángulos y figuras es muy grande, por cuanto es imposible saber filosofía natural sin ellos. Tienen un valor absoluto a lo largo de todo el universo y sus partes (...) ya que todas las causas de los efectos naturales se efectúan por medio de líneas, ángulos y figuras. De otra manera sería completamente imposible tener ciencia *propter quid* de ellos (5).

En un tono muy parecido al de Grosseteste, Roger Bacon (1219-1292) dice que las cosas de este mundo no se pueden entender sin un conocimiento de las matemáticas: nada puede conocerse sin su concurso. La racionalidad se equiparará, por

lo tanto, a la inteligibilidad matemática más al realismo causal aristotélico:

"Conocemos las cosas solo por medio de sus causas (...) Todo en la naturaleza llega a ser por medio de la causa eficiente y por la materia sobre la que actúa. La causa activa mediante su propio poder mueve y altera la materia de manera que se produce una cosa. Pero la eficacia de la causa eficiente no se puede conocer sin el gran poder de la matemática, aun los efectos producidos no pueden conocerse sin ella" (6).

Roger Bacon no solo atribuye poderes omnímodos a la matemática, sino que además ve que el descuido en que se le ha tenido entraña profundas repercusiones, de manera tal que la situación en que se encuentra el mundo intelectual de su época lo explica porque se ha prescindido de la matemática:

"El descuido de la matemática por espacio de treinta o cuarenta años ha destruido casi toda la erudición de la cristiandad latina. Pues quien no conoce matemática no puede conocer ninguna otra ciencia; más aún, no puede conocer su propia ignorancia o hallar remedios apropiados. Así es que el conocimiento de aquella ciencia prepara la mente y la eleva a un auténtico conocimiento de las cosas" (7).

Este aprecio por la matemática está también presente en otro de los autores oxonienses, John Peckham (1240-1292), cuya *Perspectiva Communis* es una muestra más del proceso iniciado por Grosseteste.

En el siglo XIV, dos factores tendrán una gran influencia y modelarán buena parte de las reflexiones en Oxford: la famosa condena del aristotelismo (1277) y el nominalismo de William de Occam.

El insigne fundador de la famosa escuela de Merton (Merton College), Thomas Bradwardine (1290-1349) escribe con resuelto entusiasmo respecto de la matemática, exulta admiración y confianza:

Es la matemática la que revela toda genuina verdad, porque conoce todos los secretos escondidos y posee la clave de toda la sutileza de las letras; quien cometa la imprudencia de estudiar física despreciando la matemática debe saber desde el comienzo que jamás entrará por las puertas de la sabiduría" (8).

Con el *Tratado sobre las proporciones* (1328) de T. Bradwardine, se inaugura un camino nuevo en el estudio del movimiento: la matematización del movimiento. Enfoque éste que continuarán

los sucesores de Bradwardine en la escuela de Merton, y en el continente Nicolás Oresme de la Universidad de París.

Entre los aportes esenciales de los mertonianos se pueden citar: 1) el concepto de velocidad instantánea; 2) las definiciones de velocidad uniforme y de movimiento uniformemente acelerado; 3) la distinción entre cinemática y dinámica; 4) el uso de funciones matemáticas para correlacionar los factores que afectan el movimiento; 5) la matematización completa del movimiento mediante la creación de un lenguaje especializado que permitiera abordar los problemas físicos; 6) la enunciación y "prueba" del famoso teorema de la velocidad media (M. Clagett).

John Dumbleton (fl. 1345), William Heytesbury (1313?-1372?) y Richard Swineshead (fl. 1340-1343) junto con T. Bradwardine dieron los pasos en firme y crearon el instrumental matemático que luego sería usado por los pioneros y actores de la primer revolución científica. Al complejo, elaborado y sutil enfoque matemático de los mertonianos va aparejada una despreocupación por ver si los diferentes casos de movimiento que estudiaban se verificaban en el orden natural. Hay una multiplicidad de casos que se conciben pero sin que aparezca un interés realista: se trabajó de acuerdo con la imaginación (secundum imaginationem). "El resultado es una especie de física matemática que corre extrañamente paralela a la física moderna pero que ni procura ni pretende tener alguna aplicación al mundo físico" (9).

Su enfoque fue más bien cinemático que dinámico. No cabe la menor duda, empero, que su enfoque por medio de funciones matemáticas, que sus idealizaciones y simplificaciones representaron una contribución importante sin la cual seguramente la revolución científica del siglo XVII se habría dado de otra manera o no se habría dado del todo.

#### 4. El realismo en las ciencias: Universidad de París

Por contar con un Aristóteles más genuino o más puro a causa de las mejores traducciones directas del griego, y porque se ha logrado separar algunas resonancias platónicas y árabes que se habían venido sumando o agregando a la obra de Aristóteles, hay en el París del siglo XIII un menor entusiasmo -aunque no rechazo- por la matemática. Se podría decir que la valoración

respecto a las potencialidades de la matemática varía al cambiar el concepto de matemática. ¿Qué es lo que quiere decir esto último? Es el tránsito de la forma pitagórico-platónica de ver la matemática a la forma aristotélica. Este cambio de enfoque y valoración desemboca en un compromiso realista mayor con respecto al mundo de la naturaleza.

Este cambio de perspectiva concerniente a la matemática tendrá consecuencias muy importantes, a saber: "los principios de la matemática no son matemáticos, sino que serán principios naturales o físicos; el objeto de estudio de la matemática no es una forma ontológica primordial, independiente o antecedente, sino más bien una entidad abstracta y, por lo tanto, ontológicamente derivada" (10). La matemática se ocupa, en consecuencia, de una abstracción o idealización obtenida cuando se prescinde de la variabilidad y complejidad de la materia, cuando en algún grado la materia se inmoviliza y se destemporaliza. En el contexto aristotélico, la física estudia el *ens mobile*, el ente móvil; la matemática se ocupa de las formas que existen en la materia pero considerada inmóvil, "la materia inteligible"; la metafísica se ocuparía de las substancias separadas.

En una forma más explícita, en su exposición sobre Alberto Magno, James A. Weisheipl nos dice:

"la abstracción matemática prescinde de los cuatro tipos de causación natural y conserva tan solo una sombra que refleja algo de la causa "formal". La sombra o imagen cuantitativa -figura, medida, número y velocidad- que se utiliza en el enfoque matemático es, por lo tanto, no una "explicación" de porqué ocurren los acontecimientos, sino datos mensurados de los que se puede dar cuenta en función de figuras geométricas y proporciones determinadas". (11).

Por todo lo anterior, no se podrá conocer las cosas individuales (cosas, procesos, acontecimientos) por el mero hecho de contemplar principios matemáticos o principios metafísicos: no hay vías rápidas de acceso al orden natural, no hay formas privilegiadas de conocimiento del mundo natural. Solo mediante la observación y el razonamiento empírico (con base en la experiencia) se pueden ir desocultando los secretos del mundo natural: la investigación de las causas de lo que ocurre en la naturaleza no se puede llevar a cabo dándole la espalda al mundo natural.

La matemática de Sto. Tomás de Aquino tiene un uso dialéctico, hipotético o conjetural con el objetivo de salvar las apariencias: "Hiparco y Ptolomeo idearon los movimientos según excéntricas y epiciclos a fin de dar razón de aquellos hechos de los movimientos celestes que eran evidentes a los sentidos; de ahí que no se trata de una teoría probada sino de un tipo de "suposición" (12). En este uso no se trata de encontrar las causas naturales, sino de dar "explicaciones" que den cuenta de la mejor manera, sin pretender una explicación concluyente, de los movimientos aparentes de los cuerpos celestes. En otras palabras, no se afirma que las excéntricas y los epiciclos sean las formas cómo realmente se mueven los astros, sino que se les considera artificios geométricos muy útiles para salvar las apariencias.

El otro uso de la matemática (13) según Tomás de Aquino es el de sugerir las causas físicas. Por ejemplo, a partir de la sombra proyectada por la tierra sobre la luna durante los eclipses; a partir de la aparición diferente de las estrellas según la latitud, conocemos la esfericidad de la tierra: utilizamos un razonamiento matemático para concluir respecto a la forma de la tierra. Luego vendría la investigación de las causas físicas de la esfericidad. La tierra es esférica porque cada una de sus partes se mueve naturalmente hacia el centro de gravedad y todos los cuerpos caen con ángulos iguales. Hemos visto cómo la matemática asume un papel distinto al pasar o al cambiar de atmósfera intelectual.

Uno de los pocos casos clarísimos de experimentación se encuentra en Teodorico de Freiberg, quien trabaja en lo que hoy se llamaría condiciones de laboratorio. Teodorico trata de averiguar cuáles son las causas del arco iris y de los fenómenos de radiación de manera que de estas causas se pudiera deducir todas sus propiedades observables. Teodorico de Freiberg no se limita a la observación ni a la lectura de sus predecesores, sino que experimenta. Es decir, interviene deliberadamente en el curso de las cosas con los objetivos epistemológicos de verificar o falsar una explicación propuesta.

Las causas del arco iris según Teodorico de Freiberg de acuerdo con el paradigma en que se mueve el autor son: a) los rayos de luz (causa eficiente); b) las gotas esféricas de agua (causa material); c) el color que se presenta a los ojos del observador (causa formal); d) la producción del arco iris perfecto (causa final).

El razonamiento por medio modelos: un globo de agua modeliza a una gota de agua, el arco iris será por tanto el conjunto de los espectros individuales que cada gota produce, es otro de los aportes de Teodorico de Freiberg.

En París del siglo XIV, los teóricos del impetus plantean el problema de la conservación del movimiento en un contexto aristotélico de buscar cuál es la causa real de que un cuerpo siga moviéndose una vez que ya no está en contacto con su proyector (lanzador) o por qué se acelera un cuerpo en caída libre, se trata también de averiguar cuáles son las fuerzas o resistencias que afectan al movimiento. En París se desarrolla una vertiente de pensamiento más vinculada a la experiencia, la observación y el experimento. Los parisinos por su opción realista en ciencia, (aunque algunos fueran nominalistas en lógica por lo que se les denomina los terministas), tenían un compromiso con el mundo real y con averiguar cómo se comportaba éste. El uso de la matemática estaba orientado a la descripción del movimiento tal como ocurre en la naturaleza. Por esta orientación más realista de la ciencia, los hombres de ciencia de la Universidad de París (Jean Buridán, Alberto de Sajonia, Nicolás Oresme) rehusaban la simple equiparación del movimiento con una proporción cuantitativa.

En lo que respecta sobre todo al experimento hay que afirmar que la tradición experimental no es una tradición universitaria, los casos que se conocen son los de Teodorico de Freiberg y Pedro de Maricourt. La tradición experimental ocurre más bien a espaldas de las universidades. Quienes desarrollan la vertiente experimental o la confianza en el experimento y el aprecio de la función artesanal y utilitaria de la ciencia, son los alquimistas o la tradición hermética.

Si bien la vertiente experimental es un aporte de los alquimistas y de los artesanos del renacimiento, la primera revolución científica recibe la dimensión realista de la orientación desarrollada sobre todo en la Universidad de París.

Hemos planteado algunas de las tendencias que convergen en la primera revolución científica y que inician su configuración en la edad media, lo que permite una valoración distinta de los aportes medievales y de su importancia. El que la revolución científica tenga antecedentes no la hace menos revolucionaria, una revolución preparada también en una revolución como acostumbrada decir el insigne Alexandre Koyré, pero nos muestra que en la ciencia, a pesar de Kuhn, Feyerabend y otros, también hay continuidad.

#### CITAS

(1) Grant, Edward: *Physical Science in the Middle Ages*. Cambridge, Cambridge University Press, 1977, p. 18.

(2) Losee, John: *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*. Madrid, Alianza universitaria, 1976, p. 52.

Véase también, Weinberg, Julius R.: "Nicolas of Autrecourt" *Encyclopedia of Philosophy* (V). Nueva York, Collier-Macmillan, 1967, p. 501.

(3) Citado en Moody, Ernest: "Buridan". *Dictionary of Scientific Biography* (II). Nueva York, Charles Scribner's Sons, 1970, p. 605.

(4) Weinberg, Julius R. Op. Cit. p. 501.

(5) Wallace, William A.: *Causality and Scientific Explanation* (1) Ann Arbor, The University of Michigan Press, 1972 p. 30.

(6) *Ibid.*, p. 48.

(7) Weisheipl, James: *La teoría física en la edad media*. Buenos Aires, Editorial Columba, 1967, p. 71.

(8) *Ibid.*, pgs 94-95.

(9) Wilson, Curtis A. Citado en Wallace, William A. "Mechanics from Bradwardine to Galileo". *Journal of History of Ideas*, 32(1971): 19.

(10) Wallace, William A: *Causality and Scientific Explanations* (1), p. 39.

(11) Weisheipl, J. Op. cit. p. 76.

(12) *Ibid.* p. 77. Véase también Wallace, *Causality*, pgs 86-88.

(13) Wallace, William A: *Causality* (1), pgs 80-86.