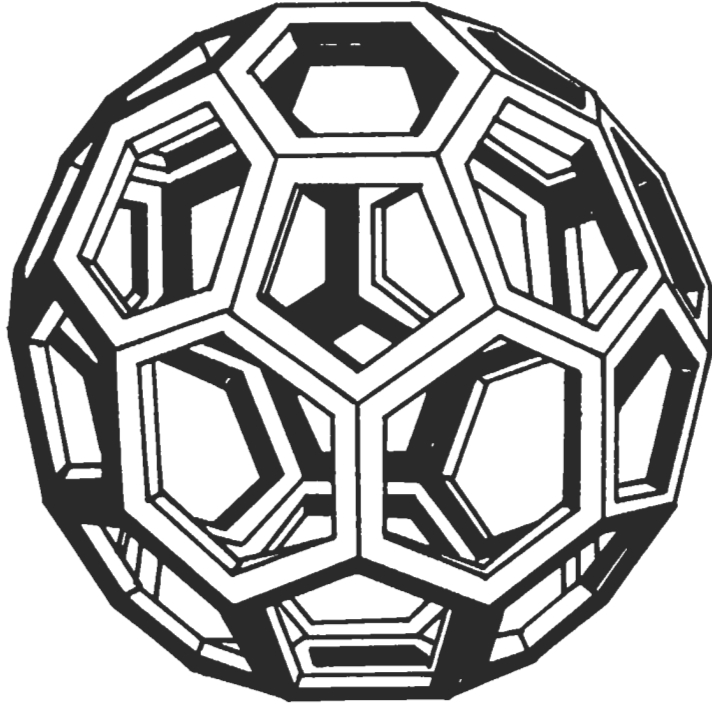


LA TRANSICIÓN  
DESDE LA EPOCA CLÁSICA



AL RENACIMIENTO  
Y AL BARROCO ITALIANO

Roberto Renzetti.  
Profesor de Física.  
Liceo Italiano de Barcelona.

*L*o que voy a intentar hacer es una breve reconstrucción por etapas de los variados procesos, históricos, políticos, tecnológicos y cualesquiera otros, que llevaron en la decadencia de la Ciencia Clásica (Matemática, Estática, Óptica, Armonía y Astronomía) a su brillante resurgimiento, en circunstancias histórico-sociales totalmente distintas, durante el periodo que, partiendo de principios del segundo milenio, llega hasta el afianzamiento de la Ciencia Moderna en la época barroca.

### **1) La Ciencia en la Antigüedad Clásica.**

Es sin duda la Matemática la 'ciencia' que, de entre las elaboradas por los griegos, más se desarrolló y que elevó la capacidad de pensamiento abstracto de sus creadores en la Grecia Antigua a las más altas cotas.



Los elementos fundamentales de los grandes desarrollos que la Matemática tuvo en Grecia, sobre todo en los siglos V y IV, fueron compendiados en la obra fundamental de Euclides, los Elementos. Otros matemáticos que tomaron parte en los sucesivos desarrollos fueron principalmente Arquímedes y Apolonio, en tanto que en la ya iniciada decadencia quedaron aislados Pappo y Diofanto.

La Matemática Griega, contrariamente a lo sucedido en épocas anteriores entre los babilonios y los egipcios, se ocupó casi exclusivamente de la Geometría, despreocupándose casi por completo del Álgebra. Muchos estudiosos sostienen que esto suponía una gran limitación que tarde o temprano habría llevado sin duda, cuando menos, a un estancamiento de la propia Geometría. La falta de una formalización ágil hizo extremadamente complicada esta Geometría (los números, de los que carecían por completo, estaban sustituidos por un complicado sistema de uso del alfabeto). No obstante lo cual, se hicieron progresos fundamentales superando, por ejemplo, la dificultad del 'continuo' y de los 'incommensurables'.

Era por tanto la Geometría la reina de las Matemáticas. Con ella se desarrolló (Eudoxo) la 'teoría de las proporciones' y el proceso del 'paso al límite' (Arquímedes).

Principalmente con Euclides se inició el proceso de axiomatización de la Geometría, la cual era considerada por los platónicos, como por el propio Euclides, algo que no debía tener ningún uso práctico. El propio Platón sostenía que la Matemática no sirve para enseñar a la gente a solucionar problemas elementales y cotidianos.

Esta distancia entre pensamiento y realidad cotidiana es algo que encontraremos con frecuencia en la Grecia Antigua. Y esta misma distancia impide a los geómetras griegos todo razonamiento que admita desplazamiento de las figuras geométricas (las cuales, naturalmente, no forman parte de los objetos materiales).



La última nota de interés que, sin embargo, guarda bastante relación con cuanto decía a propósito del pobre desarrollo del Álgebra, se refiere al hecho de que no se dio un solo paso en el sentido de la Matemática de la variabilidad (aquí se podría desde luego discutir si ésto era o no una consecuencia de la organización social).

La primacía de la Matemática y, dentro de ella, de la Geometría conlleva que la Física, para los platónicos, no sea otra cosa que Física matemática completamente ajena a toda aplicación práctica. Tales son los planteamientos de Arquímedes acerca de la palanca y del principio que lleva su nombre. Así son también los trabajos de Estática, Perspectiva, Óptica Geométrica y Acústica de Euclides (se da mayor importancia a los sonidos producidos por proporciones numéricas perfectas que a las notas imperfectas que pueden oírse).

Tampoco en ámbitos ajenos al pensamiento platónico se tuvo más en cuenta la experimentación. Se observaba y se describía intentando clasificaciones y explicaciones, llegando al máximo en los intentos de unificar dentro de un punto de vista coherente una clase entera de fenómenos (Demócrito). Aun con estas evidentes limitaciones, los griegos fueron sin duda los inventores de la Física y pusieron los cimientos de una determinada forma de observar la naturaleza.

Es preciso hacer referencia especialmente al acercamiento de Aristóteles al estudio y comprensión del mundo circundante. Ahora la explicación de los fenómenos procede ya de un estudioso profundamente interesado por el conocimiento del mundo circundante y dicha explicación, las más de las veces, recurre no ya a complicadas elaboraciones filosóficas, sino a razones puramente físicas. La preocupación platónica por adaptar la realidad a esquemas preexistentes parece aquí sustituida por una actitud empírica interesada sobre todo en conocer la naturaleza mediante cuidadosas observaciones.



Sería interesante intentar comprender por qué esta manera de "hacer física" se quedó ahí, sin ninguna evolución apreciable, al menos durante casi dos mil años. Se puede no obstante intentar decir algo: primero, la excesiva importancia que se daba al dato empírico, lo que frecuentemente lleva a descripciones ingenuas de la realidad circundante; después, algunas conclusiones extraídas como consecuencia inmediata de algunas observaciones, sin que se sintiera la necesidad de verificar posteriormente la corrección de las hipótesis con el método que hoy conocemos con el nombre de experimental; además, la falta de una interacción real entre Ciencia, Técnica y Vida Civil (como veremos en el próximo apartado); y todavía, el entramado en una sola pieza de Física y Cosmología, que imposibilitaba tratar de una de ellas sin sacar hilos de la otra; en fin, la falta de un fecundo encuentro con la formalización.

La Astronomía es acaso, entre las ciencias desarrolladas en Grecia, la que más vínculos directos tiene con la vida, incluso con la cotidiana. Sin embargo, si por un lado es ciencia de la observación y está de algún modo ligada a dignificar la vida del hombre, por el otro, dado que permite una amplia aplicación de la Matemática (y de la Geometría), se convierte en seguida en un feudo de iniciados que tienen así la posibilidad de adentrarse en los misterios del universo. Incluso de esta manera muestra la Matemática su poder, y es eso lo que la hacía cosa de una minoría culta (las iniciaciones en la Matemática tenían lugar en el templo y eran los sacerdotes los guardianes de este poderoso saber). En todo caso, incluso en este momento, los datos de la observación de las estrellas, siguiendo en lo esencial a Platón, se interpretaban exclusivamente como combinaciones de movimientos circulares uniformes.

Por tanto, el legado fundamental de los clásicos griegos va todavía más allá de sus propias intenciones. La Matemática que se aplica a fenómenos como eclipses y estaciones, las circunferencias que se mezclan con proporciones, configuran un escenario que, para los no sujetos al trabajo, tenía algo de mágico, de sobrehumano. Parece como si se participara en el proyecto de los



dioses, al acompañar cada día con los cálculos y las proporciones cuanto por ellos había sido ordenado.

Es ésta una Matemática que tiene mucho de Metafísica dentro de sí. Tendrá que pasar mucho tiempo antes de que se quite de encima la carga del misticismo para llegar a la racionalidad.

Lo mismo vale para la Física: será indispensable despojarla de finalismos, metafísica y apriorismos. Será necesario que intervenga el concepto de variabilidad que debía surgir también de la Matemática, y será precisamente el estudio del movimiento lo que supondrá una gran ayuda en el camino de la construcción de la Física Moderna. A modo de especulación cabe decir que ello hubiera acarreado en el ámbito de la Matemática el desarrollo del Álgebra, de la Geometría y del Análisis.

## **2) La técnica y la esclavitud.**

Hemos aludido ya al hecho de que la Ciencia Griega, al menos en su parte más propiamente física, no despegó porque, además, le faltó una relación de interdependencia con una supuesta Técnica o, en todo caso, con alguna actividad de tipo manual.

Detrás de este hecho hay una posición filosófica bien definida, compartida, con matices apenas distintos, por las dos principales escuelas de pensamiento: la platónica y la aristotélica. Si por una parte es ciertamente verdad que en Grecia es donde hace su primera aparición el hombre teórico, es igualmente verdad que todo trabajo de tipo manual se consideraba secundario y una desgraciada carga para el hombre, que, al contrario, debía dedicar todo su tiempo a desarrollar su virtud interior. Es sobre todo la concepción platónica del mundo la que confiere una indiscutible primacía al trabajo intelectual frente al manual. Si este mundo es sólo un reflejo tosco, desteñido y apagado del mundo perfecto de las ideas, es de las ideas de lo que hay que ocuparse para desprenderse de las cosas vulgares de este mundo.



Además, este modo de pensar está probablemente en la base incluso del escaso desarrollo de una Dinámica, del pobre estudio del movimiento. Es precisamente el estatismo del Mundo Griego, la inmovilidad y la inmutabilidad de la idea y de la forma, lo que detiene a los griegos en la Estática y les impide la posibilidad de una Dinámica.

Más aún: esta visión del mundo va a incidir también en la organización social. Refiere Plutarco que Licurgo habría desterrado de Esparta el estudio de la Aritmética por "demasiado popular". En un Estado oligárquico como aquél sólo la Geometría, con sus proporciones, pudo tener un sitio. Dado que la Matemática está fundada sobre los números, de la misma manera distribuye las cosas, en tanto que la Geometría, basada como está en las proporciones, distribuye según el mérito. Dios, por lo tanto, es un geómetra que ha dado más a quien más ha merecido.

Esto sucede en un momento en que se considera a los esclavos (la "máquina animada" para Aristóteles, los "pies del hombre" para Platón) indiscutibles, necesarios y, en todo caso, obra de Dios. La esclavitud, consustancial a los Sistemas antiguos (y no sólo en ellos), fue ciertamente la causa principal de la escasa atención prestada a los problemas técnicos. Esta fue el motivo, como ya hemos dicho, del pobre desarrollo de la Física Griega. En todo caso, no queda claro dónde se origina el círculo vicioso que consiste en que la Técnica no se desarrolla porque hay esclavos y que la esclavitud debe mantenerse porque no hay una técnica adecuada que ayude en los trabajos más duros. Probablemente el esclavo costaba menos, confería un *status* social más alto y representaba una fuerza de trabajo dotada, por definición, de gran movilidad.

De otro modo no se explicaría cómo ciertas conquistas técnicas, que las hubo, tuvieron un carácter eminentemente teórico o, todo lo más, sirvieron, como juguetes, para la diversión (exceptuando las aplicaciones técnicas militares, que no tuvieron sin embargo ninguna repercusión sobre la vida civil con su aplicación a fines pacíficos).



La primera obra de importancia sobre cuestiones técnicas es sin duda la Mecánica del Pseudo-Aristóteles, obra que, si no es de Aristóteles, es desde luego de su Escuela y se puede situar, con ciertas dudas, en torno al final del siglo IV a.C.. Otras obras fueron las de Arquímedes y de Euclides (III a.C.) y otras más de los físicos mecánicos de Alejandría (entre los cuales destaca de modo singular Herón) que desarrollaron su trabajo entre el siglo III a.C. y el I p.C..

Las cuestiones de Estática que se estudian están esencialmente vinculadas a las 'máquinas simples': palanca, árgana, cuña, tornillo. Se estudia también Hidrostática e incluso el vapor con muchas de sus aplicaciones (siempre con fines recreativos). Se trata en todos los casos de un acercamiento deductivo a través de la Matemática. Se descartan por completo las aplicaciones prácticas. Los problemas se estudian en cuanto que se intenta comprender cómo son posibles algunas aparentes contradicciones que las máquinas (ingenios) presentan. Un ejemplo es la palanca: con ella se puede levantar mucho peso con poco esfuerzo. Pues bien, todo ello aparece referido a las propiedades del círculo: la palanca al moverse sobre el punto de apoyo describe arcos de circunferencia.

### **3) Demócrito, Platón y Aristóteles.**

Una ojeada a algunos aspectos de los estudios de estos tres pensadores y de sus escuelas es imprescindible para comprender lo que sigue.

Las concepciones de Demócrito, representante de la madurez del pensamiento jónico e itálico, podrían hoy recibir el nombre de 'mecanicistas'. La teoría atómica, que sustenta su concepción del mundo, aparte de ser un primer intento de explicación de la realidad a partir de un único principio unificador, introducía un elemento fuertemente perturbador en la sociedad griega, en la medida en que intentaba una explicación de los fenómenos de manera racional e independiente de la divinidad o,





cuando menos, de causas metafísicas. Demócrito, de talante eminentemente matemático, se dedicó a la Física, a la Biología y no despreció la Técnica. Sobre él cayeron las durísimas y a veces violentas críticas de Platón y Aristóteles. Sus obras fueron destruidas en época imperial cuando Platón -él mismo lo había deseado-, coincidiendo con la primacía de poderosos intereses religiosos y mágicos, estaba en auge. A pesar de eso, Demócrito tuvo discípulos que, aunque perseguidos, lograron transmitir algunas de sus ideas. A partir del siglo XIV ocupó un lugar importante en la rebelión intelectual contra el aristotelismo, al tiempo que sus interpretaciones cosmológicas estarán en la base de algunos brillantes estudios de Bruno y Galileo. Muchos de los que serán los artífices de la revolución científica se considerarán directa o indirectamente herederos de Demócrito: entre ellos se debe mencionar, además de los ya citados, a Kepler, Cavalieri, Torricelli, Newton, Bernouilli; si además se tiene en cuenta que, como parece claro, el propio Arquímedes tuvo que inspirarse en algunos trabajos matemáticos de Demócrito, podemos estar convencidos de la amplitud y complejidad de las investigaciones de los jonios.

Por lo que concierne a Platón y Aristóteles, es de sobra conocido el hecho de que para el primero la Matemática (en el sentido de Geometría) es la forma más elevada del pensamiento. Mediante ella, con sus triángulos y circunferencias, se puede pasar de la constitución de la materia a la del universo entero. Para Platón, por lo tanto, conocer el mundo es conocer las leyes matemáticas que lo gobiernan. Para Aristóteles, al contrario, la Matemática no se puede conciliar con la materia por lo que, si se quiere estudiar 'Física', es necesario prescindir de aquélla.

La tradición platónica tuvo una enorme importancia para la Matemática del Renacimiento y el Barroco. Ella impulsó el estudio de la Matemática además de alentar la recuperación y traducción de distintas obras de matemáticos de la Antigüedad Clásica. Promovió la creación de cátedras de Matemática adjuntas a las Universidades e hizo entender, por primera vez, que la



Matemática, mejor que la Dialéctica, se presta al desarrollo de la capacidad de razonar.

Veremos además que todo ello no puede separarse de otros fenómenos que acontecen en otros campos del 'progreso' social y cívico, particularmente la mayor dignidad alcanzada por el trabajo manual y la fusión que poco a poco se iba consolidando entre la Matemática y sus aplicaciones prácticas.

La tradición aristotélica tuvo una suerte desigual: repudiada en principio en los momentos mágicos del neoplatonismo, llegó luego a ser reconocida de interés para el conocimiento de la naturaleza. Pero después, los elementos mecanicistas y deterministas que anidaban dentro del sistema aristotélico contribuyeron a que fuera condenado en su conjunto. Sólo la obra de Santo Tomás logró conciliar los dogmas de la Iglesia con el aristotelismo y convertirlo, a partir del 1567, en doctrina oficial de la propia Iglesia. Se debe en cualquier caso tener en cuenta que este hecho no llegó en absoluto a significar una condena del platonismo: la avenencia de este último con la Metafísica lo mantenía a salvo de cualquier 'inquisición'. Todavía más: mientras que Aristóteles era el patrón indiscutible en las enseñanzas universitarias, era totalmente rechazado por las mentes laicas y liberales. Así es como Platón se proclama verdadero señor del periodo renacentista como representante de lo ideal. El aristotelismo suponía en cambio una involución en la manera de conocer la naturaleza, involución que sin embargo estaba implícita en el pensamiento del propio Aristóteles. Cuando se procede a conocer la naturaleza, las explicaciones que podemos dar no son más que algo limitado y parcial que se puede reducir a Filosofía, disciplina a la que corresponde un papel preponderante respecto a la Ciencia, dado que nos permite un acercamiento a las causas primeras, es decir, a la Metafísica. Esta concepción del propio Aristóteles fue después derribada por los aristotélicos: en vez de seguir el camino que lleva desde la naturaleza al descubrimiento de la divinidad, ellos partieron de la divinidad para intentar llegar a la naturaleza. Por ello se trabajó por tratar de deducir lo particular de lo general, desde la Metafísica a la Física. Al hacer



esto, como es natural, se olvidaron justamente del contacto con la naturaleza, de su estudio directo. Casi parece que, hasta cierto punto, el aristotelismo se hubiera adueñado de uno de los métodos de la Geometría (y, por tanto, platónico), el deductivo. Pero este método, fundado en la lógica, lleva implícitas grandes limitaciones: proposición tras proposición no puede añadirse nada verdaderamente nuevo. Una ciencia sólo deductiva es incompleta.

#### **4) La decadencia de la Ciencia Griega. Roma.**

Las diversas interpretaciones que se han aducido acerca de la decadencia de la Ciencia Griega concuerdan en algunos de sus puntos. Antes que nada, esta decadencia fue gradual: se inició aproximadamente en torno al siglo III a.C. y se acentuó considerablemente tras el siglo II p.C.; en la práctica el proceso de extinción puede darse por terminado entre los siglos V y VI p.C..

A partir del siglo III a.C. comenzaron a difundirse por el Imperio fuerzas irracionales de todo tipo, sectas y cultos, magia y astrología. Todo ésto se agravó con el advenimiento del cristianismo. Los fanatismos religiosos y mágicos exigen para el 'conocimiento' que se esté dispuesto a la fe, sostienen que basta ser sencillos y estar llenos de imaginación, que los esfuerzos de la razón no conducen a ninguna parte, que la inteligencia, el estudio, la observación no sirven para nada, que hay Alguien que lo ha hecho todo, que piensa en nosotros.

Astrología, alquimia, magia y otras supersticiones las ha habido siempre, pero es sobre todo con la llegada del cristianismo cuando estas prácticas pueden salir de la clandestinidad y convertirse en patrimonio del ambiente 'culto'.

En todo caso, a partir del siglo II p.C., a no ser las señaladas excepciones de Diofanto (III p.C.), Proclo (V p.C.) y Filópono (VI p.C.), no se vuelve a producir ciencia original. Se procura (y será cada vez más difícil) la conservación de lo hecho anteriormente. Los comentarios a los clásicos se ponen de moda. Pero, de



comentario en comentario, el clásico va desapareciendo. Se hacen después compendios, pero también éstos son cada vez más sucintos, y también aquí el autor original va desapareciendo. De este modo sin embargo se consiguieron al menos conservar lo que se podría llamar 'resultados' de la Ciencia Griega; el método, la investigación, se pierde.

Se nota en los escritores de este largo periodo como una especie de resignación, de incapacidad para ponerse a la altura de los maestros, una desconfianza en la posibilidad real de conocer.

Veamos qué pasa en el entorno político-social. Comencemos por ofrecer algunas referencias históricas: el Edicto de Milán del 313 marca el triunfo del cristianismo; en el 330 Constantinopla se convierte en la capital del Imperio; en el 380 el cristianismo se hace religión oficial del Estado; en el 395 se escinde el Imperio; el 410 es el año del saqueo de Roma; en el 529 Justiniano cierra por decreto la Academia de Atenas y prohíbe la enseñanza a los paganos (no cristianos); en el 642 Alejandría (que ya había visto destruida una parte de su biblioteca, por obra del obispo Teófilo, en torno al 390, y la muerte, en torno al 415, a manos de una muchedumbre incitada por el Patriarca Cirilo, de Hipatía, la última matemática de Alejandría) es conquistada por los árabes. En este mismo escenario concurren una profunda crisis de la agricultura, la escasez de mano de obra, la gran dificultad para las comunicaciones y una gigantesca burocracia.

Cómo estas circunstancias hayan influido directamente en lo que venimos tratando, es difícil decirlo, pero algunos de esos factores pueden ciertamente deducirse. A partir del siglo I ya Plinio lamentaba la escasez de mano de obra servil y, a partir del siglo III, el precio de los esclavos en el mercado se volvía cada vez más prohibitivo a causa de que los mercados mismos cada vez estaban menos abastecidos de 'mercancía' procedente de campañas bélicas diversas. Fueron los bárbaros los que empezaron a vender esclavos en Roma y, muy frecuentemente, entre ellos había muchísimos romanos. Los pobres empezaron a llevar a sus propios hijos a los mercados de esclavos. Pero la gran cantidad de



dinero de la que disponía el Imperio en épocas anteriores se había agotado. El mercado de esclavos no podía prosperar. Además había caído sobre el Imperio el peso de un enorme gasto que no producía renta: la financiación de la Iglesia y el salario de la clase eclesiástica, un ejército de bocas inútiles que las más de las veces había emprendido la carrera eclesiástica por razones de prestigio y por tener un sueldo seguro (¡un obispo ganaba seis veces más que un médico o un ingeniero y cinco veces lo que un profesor de Gramática o de Retórica!). Estos gastos se escatimaban a otros proyectos, entre ellos la financiación de las escuelas (sólo la de Alejandría fue sostenida hasta el siglo V). Y eran sobre todo las Escuelas el sostén material de quien hacía ciencia (y no sólo de éste): en este momento no sólo había que sufrir las dificultades económicas, sino también enfrentarse a muchísimos autores cristianos que anteponian la revelación a la razón, la fe al conocimiento.

Con el paso del tiempo, incluso el empeño por transmitir a los clásicos disminuyó. Los comentarios y los compendios eran cada vez más pobres, alteraban cada vez más las fuentes y, sobre todo en Occidente, terminaron suplantando por completo a las obras originales, cuyas huellas se van borrando. No pasó lo mismo en Oriente, donde la Ciencia Griega se conserva mejor en las obras originales y, después de la caída de Alejandría bajo dominio árabe, el patrimonio entero de los clásicos griegos pasó a los árabes, que supieron hacer mucho mejor uso de él que el Occidente Cristiano.

Antes de cerrar este apartado conviene decir algo sobre cuestiones acaso menos importantes pero ciertamente de interés:

-El Imperio Romano no desarrolló una ciencia propia. Sólo algunos dedicaron un gran esfuerzo a monumentales obras de compilación (Plinio) que, retomando en gran parte el pensamiento griego, sobrevivieron hasta la Alta Edad Media. Roma, al menos en el periodo de su máximo esplendor, no favoreció el desarrollo de la Ciencia Griega. Pero, en cambio, dio un enorme impulso a la Técnica que, en esencia, era competencia del Estado: se construyeron importantísimas vías de comunicación, puentes,



acueductos y obras civiles. Una de las actividades más importantes en este sector fue la minería, en la que se empleaban millares de esclavos.

-Una de las más hermosas ilusiones inherentes al cristianismo de los tiempos heroicos estaba destinada a morir desde el momento en que la Iglesia asumió el poder: no era verdad que todos los hombres fueran iguales, la esclavitud era inevitable a causa del pecado original (¿qué iba una religión bien estructurada a dejar sin justificar?); en ese sentido se pronunciaron muchos padres de la Iglesia, entre ellos San Agustín. Ya en el 324 el Concilio de Oranges había sentenciado:

*"Si alguien, so pretexto de piedad, incita al esclavo a desobedecer a su amo, a escapar de la esclavitud, a no servir de buena voluntad y con respeto, caiga anatema sobre él".*

Y casi todos los eclesiásticos, a título individual, y la Iglesia, como institución, disponían de una enorme cantidad de esclavos. Todavía en el 916, el esclavo que escapaba de su amo se comparaba al clérigo que abandonaba la Iglesia (Concilio de Altheim). Y si algún eclesiástico había tenido la infeliz idea de conceder la libertad a sus esclavos, debía indemnizar a la Iglesia con una cantidad proporcional en dinero. Por último, en la mayor parte de los casos el esclavo no era admitido al sacerdocio.

-En este paisaje desolador algo sin embargo se hizo en el verdadero sentido de la liberación del hombre: Las órdenes monásticas, que se apartaban generalmente de la Iglesia Oficial -ésta constantemente aliada con el Poder- representaron un oasis de civilización y progreso cívico y moral. A partir de San Benito (480-547) que precisamente -tengámoslo en cuenta- fue perseguido por diversos eclesiásticos, y que instituyó la regla del "ora et labora", en la que por primera vez recobraba el trabajo manual una dignidad semejante a la de la oración (superando con esto las opresivas y discriminatorias connotaciones que, desde la Antigüedad Clásica, precisamente al trabajo se le habían conferido), continuando con los cistercienses y luego con los



franciscanos, se inició una tradición de mantenimiento y desarrollo de las técnicas artesanales, y entre ellas, a partir de un momento determinado, también la conservación y transcripción de numerosos textos de la Antigüedad.

### 5) Los árabes.

Mientras en Occidente la Ciencia se limitaba a encontrar ejemplos de la verdad moral y religiosa, a deducir una simbología que representara conceptos morales (la luna se comparaba con la Iglesia porque era reflejo de la luz de Dios; el viento era la imagen del espíritu; el número 11, dado que sobrepasaba el número de los mandamientos, era el símbolo del pecado), en el Oriente, que se había hecho árabe, se cultivaba, se traducía y se desarrollaba la Ciencia de la Grecia Clásica. Así que, con el paso de los siglos, fueron precisamente los árabes los que se convirtieron -como dice Koyré- en maestros y educadores (no meros intermediarios) del Occidente cristiano. En este sentido es sintomático el hecho de que las primeras traducciones de los clásicos griegos al latín no fueran directamente del griego, sino a partir de las que los árabes habían hecho a su lengua. Y ésto por dos razones fundamentales: por una parte, nadie o casi nadie en Occidente conocía el griego, y, por otra, nadie estaba en condiciones de entender y, menos de traducir, las complejas obras de Aristóteles o de Ptolomeo, por poner sólo dos ejemplos.

Los árabes, por el contrario, habían aprendido la ciencia y la lengua griega directamente de los griegos del Imperio Romano Oriental. Además, algunos cristianos (los nestorianos) de la Persia y de lengua siríaca habían iniciado por su parte importantes trabajos de traducción del griego al siríaco que, mientras tanto, se había convertido en la lengua más difundida de la zona de dominio árabe. Esto ocurría entre los siglos VI y VII. Más tarde, en torno al siglo IX, Damasco y Bagdad se convirtieron en centros de traducción del siríaco al árabe y, cada vez con más frecuencia, las traducciones se hacían partiendo directamente del griego. En el



siglo X se puede decir que podía disponerse de casi la totalidad de la producción de los clásicos griegos.

Con el paso de los años surgió una especie de convivencia entre el mundo cristiano y el islámico. Naturalmente fue el comercio el primer elemento de contacto y después, los elementos culturales. Los principales centros de difusión de la Ciencia Árabe fueron Sicilia, España y Salerno. En España fue Toledo el centro de las traducciones del árabe al latín (a partir del siglo XI). Muchas traducciones requerían dos traductores: uno que traducía del árabe al castellano, otro que traducía del castellano al latín. Como no había diccionarios, las traducciones eran muy aproximadas, al pie de la letra y a veces no eran más que simples transcripciones fonéticas de una palabra árabe de la que no se conocía su correlato castellano o latino (algunos ejemplos: alcalino, alambique, sorbete, alcanfor, nádir, cénit, azul, cero, cifra, álgebra, algoritmo, laud, albaricoque, café, jazmín, azafrán,...).

En Sicilia, además de las del árabe, se llevaron a cabo las primeras traducciones directas del griego que, poco a poco, fueron aumentando tanto en número como en calidad.

En el siglo XIII, por un lado la cuarta cruzada reconquistó Constantinopla y los Mongoles por otro invadieron Persia y Mesopotamia. Esto provocó un increíble aflujo de textos originales a Italia.

Respecto a aquéllo que más interesa a nuestro propósito, hacia la mitad del siglo XII habían llegado a Europa traducidas varias obras de lógica de Aristóteles, los Elementos, la Óptica y la Catóptrica de Euclides, otra obra atribuida a Euclides, De ponderoso et levi, que tratataba del peso específico, de la palanca y la balanza, además de la Pneumática de Herón. Hacia fin de siglo, fueron traducidas las principales obras de Ptolomeo y la Física, la Metafísica y el De coelo de Aristóteles. Una cincuentena de años después, sobre la mitad del siglo XIII, casi todo el cuerpo de los clásicos griegos se había traducido al latín. Algunas obras





comenzaban a ver la luz en las lenguas 'vulgares'. Las que probablemente tuvieron una mayor importancia para el establecimiento de una visión coherente y armónica del saber fueron las de Aristóteles.

¿Se habían introducido aportaciones originales árabes? Desde luego que sí, pero no en el campo de la Astronomía, excepción hecha de las muy numerosas observaciones que se fueron añadiendo a las precedentes, las nuevas tablas que se elaboraron y el perfeccionamiento del instrumental de observación. Sobre todo en Óptica y, por consiguiente, en los estudios de Perspectiva, hubo importantes contribuciones árabes que supusieron un notable avance con respecto a los trabajos de Euclides, Herón y Ptolomeo. Pero su más importante contribución al Occidente cristiano tuvo lugar en el campo de las Matemáticas, en el que los árabes trasladaron de la India a Europa, ajustado y modificado, un rico conjunto de conocimientos de Álgebra, de Aritmética y -lo más importante- el sistema de numeración, que por primera vez disponía del cero y permitía escribir cualquier número por sencillas combinaciones de diez cifras. Sólo quien no conozca la enorme dificultad que presentaba la numeración griega, apenas algo más simple que la romana, quedará indiferente ante esta revolucionaria innovación. Baste con intentar hacer la siguiente división con números romanos: CMLIX dividido entre VII.

Una última e importante contribución árabe tuvo lugar en los campos de la Alquimia, de la Magia y de la Astrología.

## **6) La técnica y el artesanado en la Europa medieval y renacentista.**

La primera observación se refiere al hecho de que, a pesar de lo dicho, la base más sólida para el desarrollo de la Técnica fue el reconocimiento, al menos de palabra, hecho por el cristianismo, de la dignidad del hombre.



Tras la caída del Imperio Romano (476), los 'bárbaros', o germánicos, introdujeron una gran cantidad de innovaciones técnicas que fueron, poco a poco, poniendo las bases de un modo de vida material más elevado que el de la Época Clásica: pantalones en lugar de toga, mantequilla en lugar de aceite de oliva, el invento de los esquíes, de los toneles, cubas, el cultivo del centeno, la avena y el lúpulo, los estribos para la montura. En este periodo las ciudades se van despoblando; la búsqueda de alimento hace emigrar a la gente al campo.

### **Siglo X.**

La principal innovación tecnológica que conllevará una gran revolución en la cantidad de alimento que puede producirse es el invento del arado pesado de ruedas, que vino a sustituir al romano, ligero y tirado manualmente. Aquel penetra más a fondo con sus rejas, revolviendo capas vírgenes donde es más eficaz el ciclo del nitrógeno; sin embargo, planteaba problemas de tracción que quedaron resueltos con la invención del collarón de sobrecuello para el enganche de caballos (sustituto de la collera de garganta que ahogaba al animal tanto más cuanto más esfuerzo hacía. Como procedimientos anejos se desarrollan el enganche en hilera, el herraje -que permite el uso de caballos en la agricultura- y el yugo frontal. Además de esto, la agricultura progresa con los sistemas de riego: se construyen para ello puentes, canales y, en Venecia, molinos movidos por el mar. Entretanto empieza a usarse la aceña para la molienda del grano.

La producción agrícola permite que se inicie el proceso de emigración del campo a la ciudad.

### **Siglo XI.**

Se perfeccionan los molinos de agua, mientras comienzan a funcionar los primeros de viento. El desarrollo del comercio trajo consigo varios inventos en el campo de la navegación: la brújula, el timón de popa, la sonda, el astrolabio. Se empieza a desarrollar una química práctica: colorantes, ácido sulfúrico, clorhídrico, nítrico (para separar la plata del oro). Se consigue mediante



destilación producir alcohol, que, enseguida, jugará su pequeño papel contra algunas teorías aristotélicas, en cuanto que es húmedo y caliente, en vez de húmedo y frío.

Desde el punto de vista científico sorprende el completo desconocimiento de las Matemáticas, incluso para resolver cuestiones elementales. Se desconoce el nombre de Euclides, y del teorema de Pitágoras no hay ni rastro. La Geometría parece un arte para medir, de carácter empírico: cortando y pegando trocitos de papel y haciendo círculos con el compás se abordan las relaciones entre longitudes y áreas.

### **Siglo XII.**

La Ciencia Natural no se considera algo que deba hacerse día a día, más bien algo que "ya existe" o que "ya existió" y que hay, en todo caso, que redescubrir. Además, el nivel de los conocimientos matemáticos era tan bajo que hubiera sido imposible el nacimiento y desarrollo de una Física. Es un problema evidentemente de interacción -que todavía no se había producido- entre Ciencia y Técnica y, sobre todo, de un deficiente proceso de transmisión de los conocimientos (un hallazgo cualquiera no puede extrapolarse de un sitio a otro, en el que sería preciso repetir los mismos procesos para obtener de nuevo los mismos resultados). Pero, en definitiva, el problema principal residía en el hecho de que no se sintiera, según parece, la necesidad de una Ciencia de la Naturaleza. Faltaba toda clase de acercamiento metódico; un acercamiento que, tras siglos de interrupción, había que reinventar de nuevo, volviendo a pasar por un sinfín de errores y sendas equivocadas. Por ejemplo, si, por una parte, una de las aportaciones de Platón había sido considerar a la Matemática fruto sólo del pensamiento -lo cual no es más que una piadosa ilusión-, por la otra, casi imponía el mismo método a todas las disciplinas, particularmente a la Física. Fue ésta una idea -desde luego equivocada- que se abrió camino a lo largo del siglo, pero que, al menos, empezaba a mostrar un posible método. Se comenzó así, aun sobre la base de la Lógica aristotélica, a abordar la explicación de hechos particulares a partir de principios



generales. Esta concepción de explicación racional tuvo un discreto éxito sobre todo entre lógicos y filósofos, cuyo fin último, sin embargo, no era conocer la naturaleza, sino comprender y explicar algunos problemas de Lógica aristotélica. Así que tras la estela de los modelos platónicos, neoplatónicos y de San Agustín, la Matemática alcanzó el rango de modelo de ciencia racional y tomó cuerpo la idea de que los sentidos nos engañan y que sólo la razón puede proporcionarnos la verdad.

### **Siglo XIII.**

Este es el siglo en el que se inician verdaderos avances en todos los frentes. La Tecnología proporciona máquinas e instrumentos que cada vez más permiten pasar a formas de producción cada vez más avanzadas. La cantidad -y la diversidad- de productos crece en los mercados. Las máquinas que se empiezan a utilizar son: el telar de rueda, el aserradero de rueda hidráulica, la fragua de fuelle hidráulico, con la que se empieza a producir hierro a buen precio, así como algunas aleaciones suyas y el hierro colado. Se fabrican gafas para présbitas, que alargan la vida 'productiva' de la gente, y los primeros relojes mecánicos (de pesas y de muelle). Se introducen nuevos métodos de producción de papel, que se puede fabricar en cantidad aprovechando las grandes cosechas de lino. Se hace uso bélico de la pólvora. Desde el punto de vista arquitectónico, la Estática sigue avanzando con el desarrollo del Gótico (botareles, arbotantes...). Las cartas de navegación son cada vez más perfectas. La agricultura, que proporciona la materia prima de la alimentación, progresa notablemente con el descubrimiento y aplicación sistemática del abono (estiércol de ganado, cuya cría había empezado a considerarse parte de la agricultura misma). Otras importantes innovaciones atañen a la rotación de cultivos.

Desde el punto de vista más estrictamente cultural, este siglo registra algunos hechos de notable importancia: la fundación y el desarrollo de las Universidades, el redescubrimiento no fragmentario de Aristóteles, la actividad docente de las órdenes mendicantes. Estos hechos guardan estrecha relación con el



nacimiento de las Municipalidades, el aumento de la población y una mayor disponibilidad de los bienes.

Un último dato de gran interés se refiere al claro progreso de la Matemática, que empezó a abrirse considerablemente a la Aritmética y al Álgebra, lo que denota una importante influencia árabe. Dos son los matemáticos más relevantes de este periodo: Leonardo Fibonacci (el que, por otra parte, al hallar métodos para la solución aproximativa de ecuaciones hasta de cuarto grado, nos muestra la intuición del continuo), que introduce por primera vez en Europa, y en latín, el sistema de numeración indo-arábigo; Giordano Nemorario, que trabajó sobre diversas cuestiones de Aritmética, Álgebra y Geometría, ocupándose incluso de las propiedades de las proyecciones estereográficas. Es útil hacer la observación de que, si por una parte detrás de estos matemáticos se reconoce el redescubrimiento de la obra de Euclides, Herón, los árabes y, el hasta ahora completamente desconocido en Occidente, Diofanto, por otra es evidente la originalidad de sus enfoques, totalmente diferentes y, a veces, correlatos de problemas que surgían de la vida social.

#### **Siglo XIV.**

Todo va creciendo sin freno. Se aumenta el velamen de los barcos y, consecuentemente, su estabilidad. Se desarrollan los telares de ruedas a pedal. En cuanto a obras hidráulicas, se realizan los primeros embalses, con el fin de regular el aflujo de agua a las distintas máquinas que ya funcionaban con energía hidráulica y, sobre todo, para no sufrir las consecuencias de las sequías ni de las crecidas. Se construyen aserraderos hidráulicos. Se inventa la garlopa. Se perfecciona la pólvora de uso bélico, al añadirse al salitre azufre y carbón. La relojería experimenta un gran desarrollo. Se inventa el mortero. Pero lo más interesante en Italia -en la práctica será lo que financie el Renacimiento y el Barroco- es el florecimiento de las empresas financieras y mercantiles que dieron lugar a la creación de la Banca y de las empresas de transporte. Como derivados nacían las letras de cambio, la partida doble -en Venecia, la estadística y el corretaje. Se desarrolla



además en Italia, primero en Nápoles y luego en Módena, una floreciente industria de licores.

La Ciencia, por su parte, se refugiaba en gran medida en instituciones regidas por eclesiásticos, y se desarrolló esencialmente en torno a cuestiones filosóficas estrechamente ligadas a cuestiones teológicas (¿qué relación hay entre la cosmología cristiana, dominada por la revelación, y la de la ciencia racional, dominada por la cosmología aristotélica?).

### **Siglo XV.**

El acontecimiento más importante fue, con mucho, la difusión de la imprenta y la prensa, en especial la de caracteres móviles (Gutenberg, 1450). La Biblia, primera obra impresa, se difundió rápidamente y contribuirá sobremanera a abrir paso a la Reforma. Este es el siglo de los artilugios y proyectos de Leonardo, sobre el que habremos de volver. Se construyeron los primeros altos hornos. Se inventó el mecanismo de biela y cigüeñal para la transformación del movimiento giratorio en movimiento alternativo y viceversa. Se acoplaron los molinos de viento a bombas para el drenaje de las minas. Por primera vez se pensó en patentar los hallazgos considerados de cierta utilidad. Es el momento en que se lleva a cabo la exitosa conjunción entre trabajo intelectual, realización práctica y ganancia. Las primeras patentes se registraron en Florencia y Venecia. Se crearon en Italia las primeras sociedades por acciones y tuvo un gran desarrollo la Contabilidad.

Por lo que toca más directamente a nuestro propósito, conviene subrayar que la invención de la imprenta hizo asequibles las principales obras, traducciones y originales, que hasta el momento se habían producido, lo cual demuestra que debía haber una demanda, relativamente importante, de estas obras. Se inició además la costumbre de publicarlas todas ellas acompañadas de comentarios y aparato crítico.



### **Siglo XVI.**

Sólo alguna nota al respecto, pues bastante de lo que aquí voy a decir se retomará más adelante.

Desde un punto de vista tecnológico, las realizaciones más importantes son: el termómetro, el hidrómetro, las mezclas frigoríficas, los relojes de bolsillo, los telares para mallas, la sembradora automática, modernos procesos para la fabricación de espejos, las primeras redes de distribución radial del agua en varias ciudades (acueductos), el lápiz. Nacen además: los correos de postas (en Italia), las primeras industrias de encajes y las primeras de chocolate (en Italia). Se empiezan a fabricar calzas de malla (España) y jabones perfumados (Nápoles y Bolonia).

Se logra poner en práctica una reforma del calendario (1582) y se crea el primer Instituto de Investigación (Nápoles, 1560).

Por primera vez comienza a darse una estrecha dialéctica entre productos técnicos y elaboración científica. Por su parte, con la Escuela de Bolonia, la Matemática se libera de la búsqueda de soluciones prácticas, y se consolida como Matemática pura.

Todas estas innovaciones técnicas modificaron profundamente en Europa la vida civil y supusieron la liberación de muchos hombres del duro trabajo físico. El excedente de producción de alimento permite el desarrollo de las ciudades, de las artes, los mercados, las catedrales, las Universidades y hasta podría decirse que de las Cruzadas. Consecuencia más o menos directa de todo esto fue el desarrollo de la Ciencia:

- La Farmacología y la agricultura abrieron camino a la Botánica;
- La Medicina, a la Anatomía y a la Fisiología;
- La minería, a la Mineralogía y a la Geología;
- La cristalería, a la Óptica;



- La Arquitectura permitió el nacimiento de una nueva Estática;
- La artillería prestó importantes contribuciones a la Dinámica.

Hacia el fin del Medievo la burguesía de las ciudades adquiere una considerable preponderancia, desarrollando una notable cantidad de actividades en el ámbito del comercio, del artesanado y de las finanzas. Teje una apretada red de actividades comerciales y, sobre todo, toma conciencia de sí misma. La amplitud de miras de algunos de estos artesanos permitió el paso de un modo de producción meramente empírico a uno más perfecto, en el que los procesos de medición y reproducción de un objeto dado fueron alcanzando progresivamente mayor refinamiento. Aparece de esta manera, en Italia, un embrión de conciencia científica que no tiene nada que ver con la tradición clásica. El espíritu científico poco a poco se hace consciente de sí mismo y se emancipa de la mera aplicación técnica. Es la naciente burguesía la que sigue fomentando estos procesos, pero el mundo eclesiástico y religioso representa un impedimento para la completa realización de las aspiraciones burguesas. Por esto a los ideales de la nobleza y el clero, y a sus pensadores, empieza a contraponerse un espíritu laico, y por tanto otros pensadores; ¿cuáles? Pues aquéllos que habían representado el cénit del esplendor del pasado en el máximo esplendor de las ciudades griegas. Como señala Enríques, el hábito científico surge en la Municipalidad italiana como había surgido en la ciudad griega, de la contemplación de la naturaleza concebida como una gran obra de arte. Por esta razón resulta indiscernible el desarrollo de la Ciencia del de la producción artística en la Italia del Renacimiento y el Barroco. La naturaleza con sus números, proporciones y armonías es lo que encontramos en todos los grandes artistas de la época que fueron matemáticos y hombres de ciencia a la vez.

De ahí, el progreso técnico, el nacimiento de la burguesía, la disponibilidad económica, la reconquista de la naturaleza y el estudio de la misma. De todo esto la ciudad recibe también un gran





impulso y no sólo crece en hermosura, sino también como motor de progreso. Se construyen tablas comparativas de pesos, medidas y monedas diversas; se elaboran planos y mapas cada vez más fiables, pues se deben a instrumentos cada vez más perfeccionados; no hay que olvidar que ésta es la época de los grandes viajes.

### **7) Corrientes filosóficas y científicas de finales del Medievo.**

Aunque ya se conocían algunas obras de Aristóteles, el cuerpo completo de las mismas, que da buena cuenta de la complejidad, globalidad y sistematicidad de su pensamiento, llega a conocerse en el transcurso del siglo XII. Es el primer sistema que abarca en su conjunto todas las ramas del pensamiento y del saber. El aristotelismo empezó a ejercer una enorme fascinación. Incluso entre los cristianos, particularmente cuando los escolásticos conocieron la Metafísica de Aristóteles, surgió un fuerte movimiento de admiración: el sistema aristotélico podía representar el complemento filosófico que la Iglesia siempre había buscado para el propio cristianismo; un cuerpo de doctrina que por fin lo ennobleciera culturalmente -hasta ahora se había confiado a las piadosos pero parciales puntos de vista de Platón y de los neoplatónicos. Desgraciadamente, en Aristóteles, más que en Platón, faltaba la idea de Dios. Este fue el motivo por el que el aristotelismo tuvo un éxito desigual en los principios del siglo XIII. Ya en 1169 el Concilio de Tours había prohibido a los monjes leer los peligrosos textos de física. En 1210, el Concilio Provincial de París prohíbe la enseñanza de la doctrina de Aristóteles. Y no se crea que estos hechos no tuvieron trascendencia: las Universidades ya no eran las Universidades libres que habían sido en su origen, sino que todas, dada su creciente importancia, con el beneplácito y sostén de las distintas Casas Reales, habían pasado a someterse al control directo de la Iglesia; principalmente los franciscanos y los dominicos eran sus gestores. Las prohibiciones en las enseñanzas o las condenas



tenían efectos inmediatos sobre la difusión de las doctrinas de Aristóteles y de los aristotélicos en los niveles culturales más elevados. Además, justo al comienzo del siglo XIII, empezaron a difundirse por Europa distintos movimientos religiosos considerados heréticos por la Iglesia. Entre estos los Cátaros (Albigenses, Maniqueos, Patarinos,...) y los Valdenses fueron los más importantes. En 1209 una 'cruzada' contra los Albigenses había desembocado en una horrible masacre. Pero lo más importante en este sentido es que en 1233 el papa Gregorio IX fundó el Tribunal de la Inquisición, que enseguida (1235), se encomendó a los dominicos como 'privilegio', extendido luego a los franciscanos. Pronto se comenzó con la práctica de la tortura, que fue oficialmente autorizada y sancionada por los papas siguientes: Inocencio IV (1252), Alejandro IV (1259), Clemente IV (1265). Pues bien, en este clima se sucedieron varias condenas contra la doctrina de Aristóteles: primero la del papa Honorio III en el Concilio de Letrán de 1225, luego la de Gregorio IX en 1231 y pocos años después la de Urbano IV. Todavía en 1277 el Obispo de París y el de Canterbury condenaron la casi totalidad de la obra de Aristóteles y los aristotélicos (especialmente Averroes).

La contradicción entre aristotelismo y cristianismo (insignificancia del lugar de Dios, eternidad del mundo con la implícita negación de la Creación, inexistencia del libre albedrío en un mundo determinado por el movimiento de las esferas celestes,...) fue resuelta por Santo Tomás, que no hizo más que corregir a Aristóteles en aquello que lo enfrentaba a la doctrina de la Iglesia (la interpretación averroísta de Aristóteles con, por ejemplo, su negación del alma individual, entraba también en contradicción con la doctrina de la Iglesia). Sólo cuatro años después de la muerte de Santo Tomás, en el 1278, los dominicos asumieron oficialmente su doctrina que poco a poco se convirtió en doctrina oficial de toda la Iglesia, asunción que fue ratificada por el papa Pío V, que en 1567, en plena Contrarreforma, nombró a Santo Tomás doctor de la Iglesia. Fue así como Aristóteles empezó a ser considerado un verdadero precursor de Cristo en las cuestiones naturales y, por ello, una indiscutible autoridad en



cuestiones filosóficas, científicas y teológicas, sobre todo gracias a las enseñanzas de dominicos y franciscanos en las distintas Universidades. Pero -lo que más nos importa- Santo Tomás está convencido de que no hay ninguna contradicción entre Ciencia y Fe, de manera que anima a estudiar ciencia en cuanto que ello sirve para consolidar la formación religiosa y erradicar errores y supersticiones. La ciencia a la que se refiere es fundamentalmente empírica, porque nuestra manera de conocer está ligada fundamentalmente a nuestros sentidos, a la experiencia que ellos acumulan a lo largo de la vida.

A pesar de esta apertura, por diversos motivos, la Ciencia no llegaba a despegar: lo primero, que Santo Tomás y los demás pensadores como Alberto Magno eran de un nivel cultural inmensamente superior al de la mayoría de la gente; en segundo lugar, la enseñanza medieval estaba centrada casi exclusivamente en el estudio de los clásicos, e inspiraba gran respeto por su autoridad; luego, que la ilimitada veneración de la que gozaba Aristóteles no permitía hacer avances sustanciales; por último -y lo más importante-, no disponían de un adecuado conocimiento de la Matemática, que no se alcanzará hasta el siglo XVI, y además, que nadie pensaba en introducir procedimientos de medida en el conocimiento de la naturaleza (no es la cantidad la que permite conocer la esencia de las cosas). En estas condiciones la Ciencia no podía ser más que una descripción y clasificación cualitativa cuya única demostración necesaria era el razonamiento, que ayuda en la clasificación, y, por tanto, el silogismo -nótese que para Aristóteles incluso una demostración geométrica era una clasificación. Además, la propia organización oligárquica del Estado pudo considerarse justa en cuanto que jerarquizada y por lo tanto construida a imagen de la naturaleza, lo cual complacía a las clases poderosas.



## 8) Leonardo da Vinci.

La idea de que la naturaleza puede matematizarse surge por primera vez con claridad en Leonardo, hacia finales del siglo XV. El afirma literalmente que hay que servirse de la experiencia en la Mecánica, y que la Mecánica es el paraíso de las Ciencias Matemáticas, porque es precisamente con ella con la que se llega al meollo de la Matemática. El fragmento en cuestión es citado por Lenoble (cfr. bibl. 12 en pág. 103), un historiador francés que ha sido capaz por fin de superar el insoportable chauvinismo de Duhem y Koyré, que no conceden importancia alguna a Leonardo ni, en general, a quien no sea francés. Con Leonardo, por tanto, aparece una primera afirmación explícita sobre la necesidad de usar la Matemática para el conocimiento de la naturaleza. Pero, por cuanto se sabe, él no era un experto en Matemática, y por tanto, no va a poder dar el paso que sin embargo anhelaba y que cada día le sugerían las máquinas que proyectaba, la técnica del mundo circundante, una experiencia no ingenua a la que constantemente aspira; la experiencia de una cosa es algo bien distinto de lo que uno esperaría que fuera esa cosa: por ejemplo, pensamos que el sol gira alrededor de la tierra y, sin embargo, está quieto. Esto lo escribe Leonardo antes de que Copérnico tratara este asunto. Todo esto interesa para, a través de la polifacética figura de Leonardo, entender que los tiempos estaban madurando rápidamente y ya se comenzaba a entrever la cosecha.

Leonardo es uno de los primeros estudiosos renacentistas que bebe de los clásicos. Su Mecánica se basa en el axioma aristotélico de la fuerza motriz proporcional al peso del cuerpo movido y a la velocidad que se le imprime. Su Dinámica procede, en cambio, de la teoría del *impetus*, desarrollada en el siglo XIV a partir de Buridano. Sus estudios de Estática revelan como claros antecedentes a Giordano Nemorario y a Pappo, mientras que en Hidrostática, además de inspirarse en Nemorario, sigue en algunos puntos a Estratón. Leonardo estudió también la Geometría Griega,



que le servía para resolver algunos problemas relativos a la teoría de las lentes; pero se aprecian aquí todavía las influencias de Aristóteles y Nicolás de Cusa. Los conocimientos matemáticos de Leonardo se deben a Luca Pacioli, que le dedicó una de sus obras, la *Summa*. Puede parecer extraño que nuestro hombre no prestara atención alguna al Álgebra: acaso la encontraba demasiado difícil o demasiado abstracta. Estudió en profundidad a Plinio y se sirvió de él con frecuencia, del mismo modo que retomó casi íntegramente las teorías geométricas expuestas en el *Timeo* de Platón. También se dedicó a la Geología, ocupándose de los movimientos de la corteza terrestre, recogiendo y exponiendo a sus contemporáneos algunos puntos de vista de Aristóteles, Lucrecio, Ovidio, Jenófanes de Colofón, Heráclito, Eratóstenes y Estrabón. No parece, sin embargo, que Leonardo hubiera leído a Arquímedes.

Este último jugó un importante papel en el Renacimiento, porque suponía un modo de afrontar los problemas que no se dejaba reducir ni a Aristóteles ni a Platón. Arquímedes es el representante de una tradición no esotérica, sin relación alguna con magias ni ciencias ocultas, y que no pretendía encontrar armonías matemáticas ni significados religiosos dentro de la Matemática. Arquímedes era el matemático de la Antigüedad que mejor había conseguido conciliar los trabajos teóricos con la investigación 'experimental'; por ésto se convirtió en el modelo del XVI. Seleccionaba problemas bien delimitados y determinados; luego los manipulaba matemáticamente sin efectuar, a lo que parece, mediciones directas; formulaba después hipótesis que se convertían (Euclides) en axiomas y los verificaba por medio de sencillos experimentos. De ahí deducía algunas consecuencias que volvía a verificar experimentalmente. Como se ve, Arquímedes reúne todas las condiciones para ser considerado maestro del Renacimiento.

Leonardo no lo conoció directamente, pues aún no había traducciones de sus obras más importantes.



Me he detenido especialmente en Leonardo sólo para mostrar la gran cantidad de textos a los que ya se podía acceder, cuántos nuevos problemas se iban planteando desde todos los frentes y qué afán de lectura y conocimiento se sentía.

### **9) Irrumpe la Matemática.**

Todos los autores coinciden en considerar que, a partir de un determinado momento histórico (entre el siglo XV y el XVI), los logros de la Técnica en el campo de la Mecánica y la Arquitectura civil y militar obligaron a reconocer que la Matemática era un instrumento indispensable. En Italia especialmente, donde la Mecánica, la Arquitectura y el Arte en general habían alcanzado un espectacular desarrollo, se planteaban problemas de medida cada vez más refinados en lo que se refiere a longitudes, ángulos y áreas: había que calcular volúmenes, emprender estudios de perspectiva o de simetría. Se pasó así de la realización meramente intuitiva al proyecto racionalmente elaborado mediante el empleo de proporciones, simetrías y armonías. En el siglo XV, en Italia, se empezaron a publicar diversas obras en las que se hacía un amplio uso de la Matemática: obras de Brunelleschi, de León Battista Alberti, de Piero della Francesca (que nos ha transmitido la 'divina proporción', la sección áurea), de Giorgio Martini, de Luca Pacioli. Como puede verse, se trata, excepción hecha de Pacioli, de arquitectos y hombres de las diversas artes que por primera vez nos ofrecen obras concebidas y elaboradas ya con criterios matemáticos. Evidentemente se trataba de la búsqueda de las mejores proporciones, de la armonía; está claro por tanto que en el fondo sigue vigente, por un lado, la imagen de Platón y Pitágoras y, por otro, la de Platón y Eudoxo. Un dato importante: distintos autores empiezan a publicar tratados de Matemática de carácter divulgativo, muy claros y accesibles a una gran mayoría.

La Matemática empieza incluso a formar parte de las enseñanzas impartidas en la Universidad, si bien no con el mismo rango que la Lógica y la Dialéctica -tégase en cuenta que como



'matemático' Galileo ganaba de cinco a diez veces menos que sus colegas filósofos que enseñaban en la misma Universidad. Los estudiantes eran cada vez más curiosos y exigentes: en un principio bastaba con la exposición de los Elementos de Euclides, ahora se querían conocer todas las aplicaciones prácticas de la Matemática, aprender cosas que, apenas terminados los estudios, resultaran de inmediata utilidad. La demanda era tan grande que incluso se creó la profesión de 'matemático práctico' (el primer manual de Matemática práctica es la Aritmética de Treviso del 1478, en la que aparece una -¡la primera!- explicación clara y asequible de la multiplicación y la división).

Se publicaban entretanto, en traducción latina, obras de los clásicos griegos desconocidas hasta entonces. La primera edición de Euclides, impresa en latín, vio la luz en Venecia en el 1482. En la primera mitad del XVI F. Maurolico, monje siciliano, publicó traducciones latinas de Arquímedes, Apolonio y Diofanto, y F. Commandino, alrededor de 1560, traducciones de Euclides, Apolonio, Pappo, Herón, Arquímedes y Aristarco. Poco a poco fueron multiplicándose los seguidores de Arquímedes, entre ellos Nicolás Tartaglia, Guidobaldo dal Monte, Gianbattista Benedetti, Gianbattista della Porta, Gerolamo Cardano. Todos ellos son grandes matemáticos que obtuvieron, en Álgebra, Geometría y Aritmética, resultados que sólo algunos decenios antes e incluso en el más floreciente periodo de la Matemática griega eran impensables. Se produjo un cambio decisivo: el Álgebra arrebató el liderazgo a la Geometría, como lógica consecuencia de sus logros más recientes (Tartaglia, por ejemplo, se preocupa de subrayar que sus trabajos no son herencia de Platón ni de Plotino). Y en fin, Bombelli, junto con toda la escuela de matemáticos boloñeses, consigue liberar la Matemática de su uso práctico y conducirla por caminos completamente ajenos a toda aplicación práctica.



## 10) Principales corrientes del pensamiento durante el Humanismo y el Renacimiento.

Ya hemos visto que dos poderosas corrientes de pensamiento, con suertes alternativas, habían ido abriéndose camino a lo largo del Renacimiento y del Humanismo: el platonismo y el aristotelismo. Hemos también señalado que hablar de estas dos corrientes de pensamiento no implica necesariamente referirse a los autores originales: al cambiar totalmente las circunstancias históricas, también las estructuras del pensamiento sufren un cambio radical. Además, hemos apuntado que el descubrimiento de los trabajos de Arquímedes se insertaba como una cuña o, mejor, como un oasis de libre pensamiento en la tenaza Platón-Aristóteles que, entre otras cosas, implicaba concepciones metafísicas, que, a veces, podían llegar a confundirse y que, desde luego, siempre procuraban el sostenimiento del poder establecido.

Se notaba la falta de una corriente de pensamiento original, que es la que precisamente va afianzándose en Italia en el siglo XVI; se trata de la Filosofía de la Naturaleza, cuyos más ilustres representantes fueron Giordano Bruno, Bernardino Telesio, Francesco Patrizi y Tommaso Campanella. Grande fue su respeto y veneración por todos los clásicos, así como grande su repulsa no tanto por Aristóteles, como por el dogmatismo de los aristotélicos, que representaban el conservadurismo, el *status quo*, el mantenimiento de los privilegios.

Bruno en particular va a desempeñar un importante papel. Aporto para ello un par de datos interesantes sobre su figura. Se inspiró en efecto en Leucipo, Demócrito, Epicuro y Lucrecio. De ellos dijo:

*"Son raíces arrancadas que germinan, son cosas antiguas que regresan, son verdades ocultas que se descubren; es una nueva luz que, tras una larga noche, despunta en el horizonte y el*





*hemisferio de nuestro conocimiento, y que poco a poco se acerca al meridiano de nuestra inteligencia."*

Estos grandes maestros son verdaderamente los símbolos de un libre saber en un Estado libre. Representan el ideal trasladado al municipio de lo que era la polis griega. Representan un ideal de emancipación, de justicia y de Estado moderno. Estos clásicos están siempre presentes, sirven de empuje, pero, como sostenía Marsilio Ficino, el fundador de la Academia platónica de Florencia, su imitar es un crear, un reencontrar en las fuentes la complejidad de la naturaleza. Pero lo que en el fondo los impresionaba era la identidad entre Estado justo y Estado racional, la posibilidad de llegar a una convivencia pacífica a través de un orden que sea capaz por sí mismo de superar todas las divergencias.

Sin embargo, el empuje principal para la nueva Ciencia y todo lo que verdaderamente la nutre no procede del descubrimiento de textos antiguos ni de la reacción antiaristotélica. Para convencerse de ello basta con pensar que la renovación de la Fisiología tiene lugar precisamente en círculos aristotélicos donde se pone en marcha, como novedad, la experimentación. En suma, como casi todos los autores coinciden hoy en señalar, el Renacimiento fue posible no tanto por el redescubrimiento de los clásicos, también importante, como por las legiones de artesanos, médicos, arquitectos, constructores, inventores, que se sucedieron en los tres o cuatro siglos precedentes. Hay que tener cuidado con este agrio y absolutamente interesado juicio chauvinista de Koyré:

*"El ideal de civilización de la época que con justicia se llama Renacimiento de las letras y de las artes, no es en modo alguno un ideal de Ciencia, sino un ideal de Retórica".*

Es cierto que, si nos referimos a los filósofos de la naturaleza, se da en ellos un elemento que los separa de lo que en el siglo siguiente se convertirá en Ciencia: el hecho de que todavía el sujeto, el individuo, mantiene cierta relevancia en el conocimiento del mundo exterior. En esto los filósofos de la



naturaleza están muy cerca de Platón, aunque no todos sean platónicos. Tienden más bien al espíritu de los presocráticos, de los antiguos filósofos jónicos (a fines del siglo XV, sin embargo, el platonismo empezó a crecer, por ejemplo, en Florencia, donde se imponía también por sentimientos 'nacionalistas', ya que el aristotelismo se consideraba en el fondo una importación de Oxford y de París). La Filosofía de la Naturaleza arrastraba un fuerte componente hermético combinado con un corpuscularismo, el atomismo de Demócrito, cuya influencia, siempre creciente, fue logrando deslindar progresivamente los terrenos de la Ciencia de los de la Magia.

Pero ya hemos aludido al renacer del platonismo a fines del XV. El aristotelismo se había enquistado en el magisterio y en el estricto mantenimiento de dos disciplinas específicas: la Lógica y la Filosofía de la Naturaleza. Se propiciaba así una coexistencia con el pensamiento platónico, el cual -entre tanto se había enriquecido con nuevos textos, Los Diálogos- dejaba en manos de los peripatéticos la Lógica y la Física, mientras reivindicaba para sí, por intermedio de los neoplatónicos, la Metafísica y la Teología. Y como prueba de que efectivamente hubo una ruptura respecto a la herencia de la Antigüedad Clásica, conviene señalar que la polémica se desarrolló no entre entendidos en las disciplinas citadas, sino entre matemáticos, ópticos, médicos, arquitectos, etc..

En fin, dos rasgos caracterizaron la revolución de los siglos XVI y XVII: por una parte, el reconocimiento de la necesidad de "manchase las manos", de tocar la naturaleza, por supuesto mediante la Técnica, de medir, de reproducir procedimientos que no forman ya parte de un juego, sino que sirven para sobrevivir; por otra, ese acercamiento mismo, más metódico, requería métodos cuantitativos más precisos y fiables. En suma, hacía falta una Matemática. Todo lo cual representa, visto desde nuestra óptica, la necesidad de aunar las dos principales tradiciones, la aristotélica y la platónica. La dificultad surgía sin embargo no ya de los procedimientos que ocasionalmente se escogieran para acercarse a los hechos naturales, sino de que detrás del aristotelismo o el platonismo no estaban Platón ni Aristóteles, sino



la Metafísica, el Dogma, las guerras de religión, el mantenimiento de los privilegios y, en una palabra, el Poder.

Se comprende entonces que las ramas de la Ciencia que alcanzaron un desarrollo más espectacular, fueran precisamente aquéllas en las que los procedimientos de medida se habían introducido más profundamente. Los datos empíricos son los mismos para Aristóteles, Platón y Galileo, lo que cambia es la manera de interpretar datos idénticos. Se abre camino un modo de interpretación que va más allá de la explicación ingenua; nace el hombre teórico. Cualquiera ve salir y ponerse el sol; se requiere una gran fantasía para sostener que el sol está quieto; y no puede sin más postularse un dogma que venga a sustituir a otro (como, desgraciadamente, ocurre hoy; si no, preguntad a cualquiera si sabe dar alguna prueba del movimiento de la Tierra). ¡Imaginemos qué poder de persuasión podía tener un filósofo de la naturaleza frente al divino Aristóteles! Había que buscar pruebas, y como resulta que es difícil elevar a un 'no creyente' tan alto que pueda ver los planetas girar alrededor del sol, hacía falta convencerlos en la Tierra, mediante explicaciones sensatas de las experiencias y sus correspondientes demostraciones, es decir, con la Mecánica. Esto es lo que de manera excelsa hará Galileo.

Un detalle aún merece nuestra atención. El mundo cambia rápidamente. En esta época parece superada la inmovilidad del Mundo Clásico. El cambio y la evolución contienen en sí la herencia de la Dinámica, que a partir de ahora empieza a aparecer en escena.

### **11) La revolución astronómica.**

La llamada revolución astronómica es un ejemplo prototípico de lo que sucede entre el siglo XVI y el XVII.

El sistema ptolomeico era en efecto más ágil que el de Aristóteles. Los datos de observación recogidos a lo largo de



setecientos años habían permitido a Ptolomeo construir un sistema más fiable.

Copérnico pretende cambiar los papeles de la Tierra y el Sol para intentar construir un sistema más simple desde el punto de vista de los cálculos (después no sucedió así: el sistema copernicano planteará cálculos más complejos que el de Ptolomeo). Sigue vigente la Física de Aristóteles. En resumidas cuentas, el sistema de Copérnico es un 'monstruo' que no se tiene en pie, no tiene ningún sentido. Sólo con la construcción de una nueva Física se dará sentido a la nueva Cosmología: de nuevo nos encontramos con la Mecánica, y, de manera especial, con dos cuestiones: el principio de relatividad y el principio de inercia.

Voy a decir algo que justifique lo anterior. Si se mantiene la teoría aristotélica de los lugares naturales, no tiene sentido que la Tierra, que está hecha de tierra, vague en medio del éter. Si son las esferas cristalinas las que sostienen los distintos planetas, la Tierra, que se inserta ahí en medio, las rompería todas. Por otra parte también es 'verdad' que nosotros vemos que el Sol se mueve (¿cómo afirmar lo contrario?). Hay que recurrir al principio de relatividad: si yo miro desde aquí, veo que el Sol se mueve, pero si me sitúo en el Sol -pensemos qué grado de abstracción hay que alcanzar- veré la Tierra girar a su alrededor. Pero no basta, es preciso aplicar también el principio de inercia. Una de las más importantes objeciones al movimiento de la Tierra consistía en que un planeta que girase a manera de torbellino tendría que ir dejando el aire 'detrás', lo que provocaría vientos fuertes y constantes, un continuo pasar de nubes por el cielo, pájaros que, al abandonar un árbol en busca de un gusano, se encontrarían a kilómetros de distancia de aquél, disparos de cañón con más alcance desde un lado que del otro, etc.. Si no se acepta que todo lo que está sobre la Tierra se mueve como ella (incluido el aire) no se consigue superar la dificultad.

Creo que se habrá comprendido que no es tanto el dato de observación en sí mismo lo que importa, como la interpretación no ingenua de la realidad, lo que crea y nutre el mundo nuevo.



## 12) Del Renacimiento al Barroco.

Creo que llegado a este punto los elementos esenciales de la transición de la Epoca Clásica al Renacimiento italiano han salido a flote. A continuación intentaré aclarar algún punto que pueda haber quedado oscuro.

El redescubrimiento de los clásicos, por lo que toca, a todas las ramas del saber, no tuvo en el campo de la Física más que una influencia marginal. En cualquier caso, es siempre muy difícil determinar las influencias y más las repercusiones que puedan tener sobre una disciplina en concreto; aquí, evidentemente, el problema se plantea con respecto a la complejidad de las influencias generales sobre el modo de pensar de una época entera. Excepción hecha del ya citado Arquímedes, no hay ejemplos de estudios de la naturaleza con la Matemática como instrumento (Herón y Vitrubio pueden considerarse más bien técnicos). En la transición del Renacimiento al Barroco se produce un giro en los planteamientos del estudio del mundo circundante. Aunque la Física de Aristóteles pretendía ser objetiva en cuanto que describía la naturaleza como era percibida por nuestros sentidos, eso no era, en realidad, más que una descripción subjetiva del mundo. La verdadera objetividad se obtiene indagando en nuestra subjetividad y mediatizándola, es decir, aplicando un punto de vista racional que someta a tratamiento teórico los datos de la experiencia sensible. Se trata de una verdadera y genuina revolución. La Ciencia de Aristóteles era resultado de su Ética y, por tanto, descriptiva y normativa. Un enfoque similar se vislumbra en Platón, quien lo transmite a estoicos y cristianos: las cosas terrenales cuentan poco, se aspira a una recompensa metafísica. En el periodo renacentista -ya lo hemos dicho- no se conquista una verdadera ciencia, pero se invierte por completo (como resultado de lo acaecido a partir del siglo XI) este enfoque; se genera un insaciable afán de conocer los hechos concretos. Los



fenómenos empiezan a tener sentido no tanto en sí, como por sí mismos.

### 13) La Epoca Barroca.

Durante la Epoca Barroca algunas tendencias surgidas en el siglo anterior se consolidan definitivamente. En particular, se reconoce unánimemente al método matemático como instrumento indispensable para el conocimiento del mundo. La Dinámica en sentido amplio entró a formar parte de la explicación de los fenómenos. Era el resultado de la rápida evolución, de la necesidad de avanzar. Así no sólo asistimos al nacimiento de la Dinámica de Galileo, sino también al de la teoría de Harvey sobre la circulación de la sangre, al de la Geometría Analítica de Fermat y Descartes, al del Cálculo Infinitesimal en las obras de Newton y Leibniz, a creaciones artísticas en las que concurren poderosas fuerzas y tensiones. Se consolida la concepción de una naturaleza regulada por leyes objetivas, ya no divinas, sino simplemente naturales, que se intentaron delimitar desde todos los campos, no sólo desde la Técnica. La búsqueda de regularidad y de mecanismos objetivos impulsaron la búsqueda de normas jurídicas de validez universal.

En este periodo aparecen las primeras academias y revistas de Ciencia. La información empezó a circular rápidamente provocando un proceso de multiplicación y desarrollo de los conocimientos nunca visto en épocas anteriores.

Asistimos en este periodo al desplazamiento del baricentro de la creación científica desde el centro de Italia al norte de Europa. Las bien conocidas alternativas de Reforma y Contrarreforma, con la creación de la Inquisición y la consiguiente persecución de los pensadores y hombres de ciencia más avanzados, frustraron completamente todo tipo de trabajo de investigación en Italia, si se exceptúan disciplinas como la Matemática, la Botánica y la Zoología, que no entraban en contradicción con el Poder. Por lo que a la investigación en el



campo de la Física se refiere, tras el breve paréntesis que supuso Volta, habrá que esperar hasta Fermi y su grupo para que se reconstituya una sólida escuela de Física en Italia.

El sentirse liberado de la opresión que sin duda se había producido, estalla ahora en formas que ya no encajan en los modelos de perfección y proporción platónicos. Como apunta Forti, ahora se construyen ventanas desproporcionadas con respecto a las paredes, huecos achatados, óvalos en lugar de círculos: el arquitecto busca deliberadamente salirse de los cánones precedentes que parecían inmutables. Es la misma fuga del análisis a la búsqueda del continuo.

El desarrollo, en el campo de la Técnica, de la Mecánica teórica, sumado al de la burguesía, llevó progresivamente a considerar al hombre una máquina y, de ahí, a utilizarlo como fuerza de trabajo de tipo mecánico, repetitivo. Se crea la división del trabajo, que incrementa la producción y los beneficios, y produce una nueva forma de esclavitud.

En definitiva, por lo que atañe más directamente a la Ciencia, mientras que en la Edad Media se intentaba una traducción de la realidad natural a conceptos que reprodujeran sus diferencias cualitativas, ahora se pretende una reducción de la misma a elementos unívocamente delimitados o a entidades materiales cuantitativamente determinadas. En la investigación de la naturaleza se reivindica la autoridad de la razón sobre la de la Historia y la Metafísica. En este proceso la Mecánica y, de manera especial, la Dinámica, ocupan un lugar privilegiado, puesto que en ellas es más sencillo hacer abstracción y reconducirlo todo, mediante el uso de la razón, a las condiciones más elementales. La razón, a través de las relaciones que establece, proporciona certeza y coherencia lógica a lo concreto. El recurso a la experimentación se establece luego como medio de búsqueda de modelos mecánicos adecuados a la interpretación de los fenómenos.



#### 14) Dónde 'se inspira' Galileo.

Sólo dos palabras, a modo de ejemplo, sobre un tema que requeriría un trabajo aparte.

Tras un par de trabajos preliminares (la fabricación en 1586 de una balanza hidrostática para determinar el peso específico y la publicación en 1587 de un estudio sobre el baricentro de los cuerpos), en los que se notan influencias directas de Arquímedes, Galileo, a la edad de veintiséis años (1590), escribe un libro, el De motu, que merece nuestra atención.

En esta obra Galileo exalta explícitamente a Arquímedes (como en otras a Aristarco), considerándolo la antítesis de Aristóteles, por haber antepuesto la razón a los sentidos. Adentrándose luego en el meollo de la cuestión, tras haber tratado exhaustivamente la teoría del *impetus*, la refuta porque, al igual que la teoría aristotélica del movimiento, no conduce a nada. En la primera, el motor, en el interior del objeto lanzado, se desvanece; en la segunda, el motor, externo, el del aire que empuja, se desvanece lo mismo. Galileo, aun no disponiendo todavía de una formulación válida del principio de inercia, no admite este 'desvanecerse' del movimiento. Además, ninguna de las dos teorías ofrece la posibilidad de un tratamiento matemático, ya que las dos se basan en datos cualitativos de ninguna manera formulables cuantitativamente -recordemos que a lo largo del siglo XVI se había intentado cuantificar mediante formulaciones matemáticas el *impetus*, pero siempre sin éxito. La obra es de todas formas aristotélica, dado que era impensable en aquella época un tratado de Mecánica y, por tanto, de los cuerpos en movimiento, que no tuviera en cuenta la Física de Aristóteles. Pero él inicia un proceso de crítica que, inspirado en principio en los trabajos de Tartaglia y Benedetti, lo llevará poco a poco a enfrentarse abierta y decididamente al aristotelismo. Se trataba de llevar a cabo una gran subversión: conceder la primacía a la razón frente a los sentidos, tal como habían hecho Aristarco y





Copérnico, hasta llegar a construir una nueva Física mediante un proceso que lograra finalmente conjuntar inducción y deducción aplicando los procedimientos de la Matemática al conocimiento de la naturaleza.

En definitiva, desde el punto de vista de sus conocimientos y sus 'inspiraciones', Galileo es uno de los sabios de su tiempo. Hace uso de la Etica, la Retórica y, en parte, de la Lógica de Aristóteles; toma un Platón muy libremente entendido; se inspira en los naturalistas y especialmente en Arquímedes. La Cultura oficial de las Universidades asumía el pensamiento aristotélico en su conjunto y, en consecuencia, mantenía una inextricable trabazón entre Física y Metafísica. Sobre todo contra ésto luchaban los antiaristotélicos. En esta empresa Galileo jugó un importante papel. Si bien es cierto que detrás de él se adivina la lectura de los clásicos, también es verdad que esos clásicos circulaban desde hacía muchísimo tiempo y que nunca habían sido utilizados tan eficazmente.

Notas: Traducción del italiano:

Manuel García García, (Semin. de latín del I. B. "Los Realejos").

y Joaquín Gutiérrez Calderón, (Semin. de latín del I.B. "Villaba Hervás").

### **Bibliografía:**

1. R. TATON: *Storia generale delle scienze*, Casini, 1964.
2. L. GEYMONAT: *Storia del pensiero filosofico e scientifico*, Garzanti, 1970.
3. N. ABBAGNANO: *Storia delle scienze*, UTET, 1965.
4. S. F. MASON: *Storia delle scienze della natura*, Feltrinelli, 1971.



5. SINGER (y otros): *Storia della tecnologia*, Boringhieri, 1961.
6. DERRY y WILLIAMS: *Storia della tecnologia*, Boringhieri, 1977.
7. U. FORTI: *Storia della tecnica*, Sansoni, 1957.
8. U. FORTI: *Storia della scienza*, Dall'Oglio, 1969.
9. ENRIQUES y DE SANTILLANA: *Compendio di storia del pensiero scientifico*, Zanichelli, 1979.
10. F. KLEMM: *Storia della tecnica*, Feltrinelli, 1966.
11. M. BLOCH: *Lavoro e tecnica nel Medioevo*, Laterza, 1981.
12. LENOBLE: *Le origini del pensiero scientifico moderno*, Laterza, 1976.
13. GARIN: *Scienza e vita civile nel Rinascimento italiano*, Laterza, 1965.
14. G. DE RUGGIERO: *Rinascimento, Riforma e Controriforma*, Laterza, 1977.
15. G. E. R. LLOYD: *La scienza dei Greci*, Laterza, 1978.
16. W. H. STAHL: *La scienza dei Romani*, Laterza, 1974.
17. E. RUFINI: *Il metodo di Archimede*, Feltrinelli, 1961.
18. B. FARRINGTON: *Scienza e politica nel mondo antico. Lavoro intellettuale e lavoro manuale nell'antica Grecia*, Feltrinelli, 1976.
19. A. C. CROMBIE: *Da S. Agostino a Galileo*, Feltrinelli, 1970.
20. E. J. DIJKSTERHUIS: *Il meccanicismo e l'immagine del mondo*, Feltrinelli, 1971.



21. M. BOAS: *Il Rinascimento scientifico, 1450-1630*, Feltrinelli, 1973.
22. M. CLAGETT: *La scienza della meccanica nel Medioevo*, Feltrinelli, 1981.
23. L. HOGBEN: *Il cammino della scienza*, Sansoni, 1962.
24. R. RENZETTI: *Relatività da Aristotele a Galileo*, AIF, 1980.
25. R. RENZETTI: "La Física de Aristóteles", *Historia y vida*, extra 59, 1990.
26. R. RENZETTI: "Sui costituenti della materia", *Quale energia*, 27/28, 1989.
27. H. KEARNEY: *Orígenes de la ciencia moderna, 1500-1700*, Guadarrama, 1970.
28. S. SAMBURSKY: *El mundo fisioc a fines de la antigüedad*, Eudeba, 1970.
29. P. ROSSI: *Los filósofos y las máquinas, 1400-1700*, Labor, 1966.
30. T. S. KUHN: *La tensión esencial*, F.C.E., 1983.
31. A. KOYRE: *Estudios de historia del pensamiento científico*, Siglo Veintiuno, 1977.
32. J. VAILATI: *Contribución a la historia de la mecánica*, Espasa-Calpe, 1947.
33. A. MIELI: *La eclosión del Renacimiento*, Espasa-Calpe, 1967.
34. A. MIELI: *La ciencia del Renacimiento*, (vol. V), Espasa-Calpe, 1952.
35. A. MIELI: *La ciencia del Renacimiento*, (vol. VI), Espasa-Calpe, 1962.



36. H. BUTTERFIELD: *Le origini della scienza moderna*, Il Mulino, 1962.

37. B. GILLE: *Leonardo e gli ingegneri del Rinascimento*, Feltrinelli, 1972.

38. A. KOYRE: *Dal mondo del pressappoco all'universo della precisione*, Einaudi, 1967.