

# Huellas de los conceptos científicos (I):

## La Ciencia anterior a la imprenta

**Dr. Francisco Jarabo Friedrich**

Dpto. de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica

Universidad de La Laguna

### **Introducción**

Quizás la mejor manera de definir la Ciencia es como una búsqueda cuidadosa, disciplinada y lógica del conocimiento acerca de todos y cada uno de los aspectos del universo, obtenidos por el examen de las mejores evidencias disponibles y siempre sujeto a corrección y mejora por descubrimiento de evidencias mejores.

El estudio de los contenidos de una ciencia pretendiendo captar sus conceptos, términos y, en definitiva, su sentido, no consiste sólo en conocer los principios, leyes y experimentos involucrados en una teoría científica. La esencia del conocimiento radica en percibir cómo han surgido los principios, cómo se han formulado esas leyes y cuáles han sido las trayectorias experimentales que se han debido seguir hasta conseguir establecer las teorías que los explican.

Para alcanzar este objetivo es importante el estudio de su devenir. Pero no en cuanto a la enumeración acumulada de datos biográficos o culturales, sino más bien de cómo han ido evolucionando las ideas y las técnicas, es decir, el modo de pensar y hacer de aquéllos que se han dedicado a llevar la ciencia al cuerpo de conocimiento de hoy día.

Y conociendo el transcurso histórico pueden hasta entenderse mejor las influencias recíprocas entre los avances científicos, las innovaciones tecnológicas y los fenómenos sociales (relación ciencia/tecnología/sociedad, **C/T/S**), causas, y al mismo tiempo, efectos del devenir político, económico y cultural del ser

humano.

Con la ingenuidad y la audacia de los aficionados, **en esta primera parte se considerarán las históricamente denominadas Edad Antigua, dominada por la cultura griega, y Edad Media, dominada por la oscuridad feudal.**

### **La antigüedad griega**

Un mito es un relato sobre dioses que pretende explicar algún fenómeno de la naturaleza. Las fuerzas de la naturaleza son personificadas y deificadas (Zeus, Odín) y a lo largo de la historia sus sucesivos relatores los aumentan y corrigen durante siglos, hasta oscurecer totalmente su origen.

Mientras el universo estuviera bajo el control de unas deidades arbitrarias de reacciones imprevisibles no hay posibilidades de comprenderlo, por lo que aparece una manera de pensar totalmente nueva, la **filosofía** (“amor al conocimiento” = disciplina que trata de la esencia, propiedades, causas y efectos de las cosas naturales). Surge en Grecia alrededor del año 600 a.C. y es un excitante ejercicio intelectual de tratar de descubrir la existencia de leyes en la naturaleza.

El manejo de cantidades representadas por números (**Aritmética**) ha estado ligado a saber cuántas cabezas de ganado formaban un rebaño, una actividad claramente anterior a la tecnología. El uso de figuras (**Geometría**) aparece con la utilización de ciertas tecnologías como la alfarería, la cestería o el tejido.

Si se considera la **Matemática** como una disciplina asociada a contar y medir, puede decirse que está ligada a las grandes civilizaciones antiguas (Egipto, Mesopotamia, India, China). Si se considera la Matemática como una Ciencia (a partir de conceptos primarios y proposiciones se deduce una teoría), hay que remitirse a los autores de todo el invento: los griegos.

Los griegos desarrollan dos importantes técnicas (aplicadas con gran éxito a la Geometría): la **abstracción** (considerar sólo las propiedades necesarias para la solución de un problema, despreciando sus aspectos no esenciales) y la **generalización** (considerar lo que es común y esencial en muchas cosas para formar un concepto que las comprenda todas).

También establecen importantes conceptos para el desarrollo de la Ciencia: Los sentidos pueden engañarnos, la naturaleza no es caprichosa y el mundo no se comporta según explicaciones mágicas o religiosas. Aparece un nuevo tipo de explicación, **la explicación racional** y se inicia la vía de **la observación de los fenómenos**.

La escuela de Mileto establece el origen de las cosas en una única materia prima. Para Tales de Mileto (624 - 546 a.C.) es el agua, para Anaximandro de Mileto (611 - 547 a.C.) es “lo indefinido” y para Anaxímenes de Mileto (570 - 526 a.C.) es la “niebla”, de donde surgen la tierra, el agua y el fuego.

En cuanto al problema del cambio, el desacuerdo se produce entre Parménides de Elea (510 - 470 a.C.), para el que nada puede cambiar y sólo la **razón** es fiable; y Heráclito de Éfeso (540 - 480 a.C.), para el que todo “fluye” y los sentidos son fiables.

La síntesis entre estos dos conceptos la logran Empédocles de Akragas (494 - 434 a.C.), para el que la naturaleza tiene cuatro elementos (**raíces**): **tierra, aire, fuego y agua**, que se mezclan y se vuelven a separar, movidas por dos “fuerzas”: amor y odio; y Anaxágoras de Clazomenas (500 - 428 a.C.), para el que la naturaleza está formada por “partes mínimas” que contienen “algo de todo” (**semillas**) y existe una fuerza que pone orden en la naturaleza (**espíritu**).

La primera teoría atómica la establece Demócrito de Abdera (460 - 370

a.C.). Toda la materia está compuesta de diminutas partículas *indivisibles* (**átomos**), los átomos son eternos, inmutables e indestructibles y entre ellos sólo existe el vacío, los átomos difieren físicamente entre sí y esa diferencia proporciona las propiedades de las diversas sustancias y los cambios en la naturaleza de las sustancias consisten en la separación de átomos unidos y en su reunión siguiendo un nuevo patrón.

Se trata de una teoría puramente especulativa (sin bases experimentales), siendo sus características principales su **materialismo** (sólo se basa en conceptos materiales) y su **mecanicismo** (el universo se mueve según unas leyes fijas, en las que no interviene ninguna “fuerza”).

En el mundo griego destaca el matemático Pitágoras de Samos (580 - 500 a.C.), para el cual el universo está gobernado por los números, la naturaleza puede ser expresada matemáticamente, la tierra es esférica y la Matemática se convierte en un conjunto de argumentos deductivos demostrables (**deducción** = consecuencia de un principio, proposición o supuesto). Utiliza la técnica experimental, sacando conclusiones a partir de observaciones de la naturaleza (*monocordio*: la vibración de una cuerda es proporcional a su longitud).

Doscientos años después se hace famoso Euclides de Alejandría (325 - 265 a.C.), que resume el conocimiento acumulado durante cientos de años y le da una presentación lógica genial en sus **Elementos**. Los Elementos está considerado el más grande texto de Matemática de todos los tiempos; es el libro más traducido, publicado y estudiado en todo el mundo occidental (después de la Biblia); sigue siendo libro de texto para el estudio de la Geometría. Establece verdades obvias y aceptables por todos, que no necesitan su demostración (**axiomas**); cada **teorema** (proposición demostrable lógicamente mediante reglas de inferencia aceptadas) puede demostrarse partiendo de axiomas o de otros teoremas ya demostrados; todos los teoremas tienen idéntica estructura:

enunciado, demostración y conclusión (“... que era lo que había que demostrar.”).

Entre ambos matemáticos también destaca el médico (y también biólogo) Hipócrates de Cos (460 - 370 a.C.), para el que la enfermedad es un puro proceso físico resultado de un desequilibrio de los fluidos (*humores*) vitales del cuerpo (sangre, flema, bilis negra y bilis amarilla), la práctica médica está basada en la observación que, combinada con la razón, permite obtener conclusiones, y el médico debe interferir lo menos posible en los procesos curativos de la naturaleza. Es considerado fundador de la **Medicina** (ciencia y arte de prever y curar las enfermedades del cuerpo humano) y quizás también de la **Biología**, estudio morfológica (forma) y fisiológico (funciones) de los organismos vivos.

El ateniense Sócrates (470 - 399 a.C.) es el filósofo por excelencia (“sólo sé que no sé nada”), considera que la base del conocimiento es la razón (**racionalismo**) y es el creador de la **dialéctica** (uso argumentativo del lenguaje), que persigue el conocimiento mediante preguntas y respuestas (“diálogo socrático”).

El también ateniense Platón (427 - 347 a.C.) es el fundador de la primera “universidad”, la **Academia** (situada en tierras del griego Academo), el creador de la “teoría de las ideas” (hay una realidad eterna e inmutable detrás del mundo de los sentidos que forma el mundo de las ideas) y para él la Geometría representa la perfección del mundo de las ideas (“*Oudeis ageometretos eisitos*” =“Que no entre [en la Academia] quién no sepa Geometría”).

Aristóteles de Estagira (384 - 322 a.C.) funda su propia escuela, el **Liceo** (situada cerca del templo de Apolo Licio). Usa el método empírico (basado en la experiencia) para recoger la información de algún aspecto de la naturaleza, organizar las observaciones en un orden y deducir los principios que resumen

dicho aspecto.

Formula la forma clásica del argumento deductivo: el **silogismo** (dos *premisas* que llevan a una *conclusión*), importante paso en la metodología de la Ciencia. Realiza una clasificación jerárquica de los reinos de la naturaleza (inanimado, vegetal, animal, humano), estudiando especialmente los animales (**Zoología**) y sus discípulos, los vegetales (**Botánica**).

Determina que el mundo está formado por los cuatro elementos habituales (tierra, aire, agua, fuego), corruptibles; en el firmamento la materia es incorruptible y está formada por la “quintaesencia” (el quinto elemento), o “éter”. Su mayor contribución al campo de la **Física** (estudio de la materia y de la energía y de las leyes que tienden a modificar su estado y su movimiento sin alterar su naturaleza) es la invención de su nombre (física = naturaleza); sus ideas del movimiento terrestre y celeste paralizaron el progreso de la Ciencia durante 20 siglos.

En definitiva, crea un modelo del universo tan completo y autoconsistente, que pervive durante ¡más de 20 siglos! (s. III a.C. - s. XVII d.C.)

En Alejandría, por entonces centro del mundo científico, la Ciencia emerge como actividad profesional (independiente de la filosofía).

Estratón de Lámpsaco (330 - 269 a.C.) establece el método experimental. Aristarco de Samos (320 - 250 a.C.) intuye que los movimientos de los cuerpos celestes se interpretan más fácilmente si se establece que todos los planetas giran alrededor del sol.

Arquímedes de Siracusa (287 - 212 a.C.) enuncia el principio de la palanca: dos pesos se equilibran a distancias recíprocamente proporcionales a sus pesos (“*Dáme un punto de apoyo y moveré el mundo.*”); el principio de flotación: todo cuerpo sólido sumergido en un líquido pierde el peso del líquido desplazado por él (“*¡Eureka, eureka!*”); y su cálculo de la relación entre la longitud e la circunferencia y su diámetro (**número pi [π]**) utilizando polígonos inscritos (al aumentar el

número de lados el polígono se aproxima a la circunferencia) se convierte en precursor del cálculo infinitesimal.

Herón de Alejandría (20 - 62 d.C.) construye el sifón, un tubo encorvado para sacar un líquido del recipiente que lo contiene, haciéndolo pasar por un punto superior a su nivel, y la esfera de reacción (*aeolipile*), una esfera hueca con dos tubos acodados enfrentados que expulsan chorros de vapor que la hacen girar.

Ptolomeo de Alejandría (90 - 168 d.C.) es el compilador de todas las observaciones astronómicas en un modelo con la tierra en el centro del universo y los “planetas” a distancias crecientes: Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Júpiter, Saturno (en su libro llamado más tarde *Almagesto*).

Dioscórides de Anazarba (40 - 90 d.C.) presta especial atención de las propiedades medicinales de las plantas, desarrollando la primera farmacopea sistemática (libro de **Farmacología** = estudio de los medicamentos).

Galen de Pérgamo (131 - 201 d.C.) realiza importantes trabajos de **Anatomía** (número, estructura, situación y relaciones de las diferentes partes de un organismo) por disección de animales.

La geometría griega lega a la posteridad tres grandes problemas no resueltos:

La cuadratura del círculo (construcción de un cuadrado de área igual a un círculo dado); la duplicación del cubo (construcción de un cubo de volumen doble al de un cubo dado) y la trisección del ángulo (división de un ángulo en tres partes iguales). Sólo en el siglo XIX se demuestra fehacientemente que ninguno de estos tres problemas tiene una solución puramente geométrica (¡utilizando sólo la regla y el compás!).

Los griegos cometan dos errores: considerar la deducción como único medio respetable de alcanzar el conocimiento exelso, despreciando el conoci-

miento experimental, y transportar los axiomas usados en Matemática a otras ramas de conocimiento, principalmente la **Astronomía** (estudio del movimiento de los astros), estableciendo “*verdades absolutas*”, como que la tierra, inmóvil, es el centro del universo (geocentrismo) y que la tierra es imperfecta y los cielos son perfectos.

Les falta considerar la importancia de la observación de experimentos controlados, la necesidad de utilizar también argumentos inductivos (obtener el principio que comprende a un conjunto de hechos), la aplicación de la Matemática para representar los fenómenos observados y la función social de la Ciencia como herramienta de dominio del mundo material para reducir la necesidad del esfuerzo físico (consideraron la Ciencia como un juego intelectual).

El ocaso de la civilización helénica provoca el abandono de la perspectiva científica, ya que para los griegos la Ciencia es *una forma de mirar al mundo*, más que *una forma de tratar con el mundo*, es decir, la Ciencia sólo proporciona una imagen del mundo, no hace nada por cambiarlo.

Por su parte, los romanos son excelentes constructores de edificios, calzadas y acueductos, pero no llevan a cabo ningún progreso científico. Antes de que los romanos tengan tiempo de conquistar el mundo helénico, la propia Roma se ha convertido en una provincia de cultura griega.

### **La larga noche de mil años**

La invasión de los bárbaros provoca la *Caída del Imperio Romano [Occidental]* (año 476). Comienza la denominada Edad Media.

La Iglesia cristiana sobrevive al Imperio Romano y los conventos adquieren el monopolio de la enseñanza y el pensamiento; la filosofía griega es enterrada (año 529). Desde la muerte de Mahoma (570 - 632), sus seguidores (*musulmanes*) expanden su religión (*islam*) desde su Arabia natal (*árabes*) por el norte de África

y llegan a España, donde se establecen en 711 hasta que son expulsados en 1492 por los Reyes Católicos (*Reconquista*).

Los árabes absorben territorios y enseñanzas, preservan y traducen los textos griegos, introducen las **cifras** (signos con que se representa un número) arábigas, utilizadas desde entonces en todo el mundo e inventan un signo para representar el **cero**, recogido de los indios.

Abu Musa Jabir Ibn Hayyan [Geber] (Iraq; 760 - 815) modifica la doctrina griega de cuatro elementos (tierra, aire, agua y fuego), introduciendo tres nuevos principios: sal (= cuerpo), azufre (= alma) y mercurio (= espíritu). Defiende la existencia de una sustancia misteriosa que da lugar al desarrollo de la **alquimia** (arte con el que se pretendía el fin último de encontrar la “piedra filosofal” [transmutación en oro] y el “elixir de la vida” [panacea universal]) en su búsqueda.

Abu Jafar Muhammad Ibn Musa Al-Khwarizmi [Al-Khwarizmi] (Uzbekistán; 780 - 850) transmite la numeración arábiga. De su nombre deriva el término **algoritmo** (= conjunto ordenado y finito de operaciones que permite la solución de un problema. De un título de su obra (“*Kitab al-muhtasar fi hirab al-jabr wa al-muqqabala*” = “Tratado de cálculo de la **reducción** y de la confrontación”) deriva el término **Álgebra** (generalización de las operaciones empleando signos que representan simbólicamente las entidades matemáticas). Introduce la noción de ecuación para expresar clases de problemas de un mismo tipo.

Abu Ali Al-Husain Ibn Abdallah Ibn Sina [Avicena] (Uzbekistán; 979 - 1037) escribe numerosos libros de Medicina, basados en las teoría de Hipócrates y Galeno; se mantienen como libros de texto (traducidos al latín en el siglo XII) hasta el siglo XVII. Abul Walid Muhammad Ibn Ahmad Ibn Rushd [Averroes] (España; 1126 - 1198) recupera a Aristóteles, realizando largos y concienzudos comentarios a su obra.

Después del año 1000 Europa se instala en el feudalismo ( fusión de las sociedades romana y germánica; los vasallos son fieles a los señores), en el que cada persona cumple una de las tres funciones sociales: **rezar** (clérigos y mojes aseguran mediante el culto y la plegaria, la salvación de todos), **combatir** (guerreros y caballeros aseguran mediante la fuerza y el poder, el orden y la paz) y **trabajar** (campesinos que trabajan la tierra aseguran la supervivencia de clérigos y guerreros).

Los monasterios aseguran la transmisión del conocimiento y las comunidades de profesores o estudiantes (**universidades**) practican enseñanza **escolástica** (síntesis de fe y razón, basada en el pensamiento de Aristóteles y desarrollada por Tomás de Aquino [1225 - 1274]).

Leonardo Fibonacci (Italia; 1170 - 1250) introduce la numeración arábiga en Europa, fomentando el uso del sistema decimal en su *Liber Abaci* (ábaco = cuadro de madera con bolas móviles enhebradas en alambres paralelos que se utilizan para contar desde la época babilónica).

Alberto Magno (Alemania; 1193 - 1280) se constituye en una de las grandes figuras de la alquimia, desarrolla conocimientos, aparatos y procedimientos para la transformación de unas sustancias en otras (transmutación).

Robert Grosseteste (Gran Bretaña; 1169 - 1253) enuncia las reglas para el examen inductivo de los fenómenos y preconiza el uso de experimentos preparados deliberadamente con el objetivo de decidir entre dos teorías enfrentadas.

Roger Bacon (Gran Bretaña; 1220 - 1292) cree que todas las teorías han de estar basadas sobre la evidencia experimental y que la naturaleza puede ser descrita usando la Matemática.

William of Ockham (Gran Bretaña; 1255 - 1349) es el autor del concepto de la “**navaja de Ockham**” (si dos teorías se ajustan igualmente a los datos

observados, debe aceptarse aquélla basada en los supuestos más simples), a veces también enunciado con la frase “*Pluralitas non est ponenda sine necessitate*” (no se deben multiplicar innecesariamente los entes).

Y, por fin, Johannes Gutenberg (Alemania; 1398 - 1468) concibe la **imprenta**, uno de los inventos más importantes para el desarrollo posterior de la Ciencia. La imprenta abarata los libros, revalúa la literatura y facilita la educación (monopolizada por la Iglesia), debido a la mayor rapidez en la **propagación de las ideas**.

La conquista de Constantinopla por los turcos (año 1453) lleva a la *Caída del Imperio Bizantino* (Imperio Romano Oriental). Finaliza la denominada Edad Media.

### Bibliografía

- **Aragón, F.**; *Historia de la Química*, Editorial Síntesis, Madrid (2004).
- **Asimov, I.**; *Enciclopedia biográfica de Ciencia y Tecnología*, Revista de Occidente, Madrid (1973).
- **Asimov, I.**; *Breve historia de la Química*, Alianza Editorial, Madrid (1975).
- **Asimov, I.**; *Breve historia de la Biología*, 3<sup>a</sup> ed., Editorial Universitaria de Buenos Aires, Buenos Aires (1975).
- **Asimov, I.**; *Nueva guía de la Ciencia*, Plaza y Janés Editores, Barcelona (1985).
- **Carpentier, J. y Lebrun, F. (dirs.)**; *Breve historia de Europa*, Alianza Editorial, Madrid (1994).
- **Checkland, P.**; *Systems thinking, systems practice*, John Wiley & Sons, Chichester (1998).
- **Espasa-Calpe (ed.)**; *El pequeño Espasa*, Espasa-Calpe, Madrid (1988).

- **Esteban, S.**; *Introducción a la historia de la Química*, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid (2001).
- **Fernández Buey, F.**; *Historia de la Ciencia*, Universidad Pompeu y Fabra, Barcelona (1998).  
<http://www.upf.es/iuc/buey/ciencia/index.htm> [marzo 2004]
- **Gaarder, J.**; *El mundo de Sofía. Novela sobre la historia de la Filosofía*, 43<sup>a</sup> ed., Ediciones Siruela, Madrid (2000).
- **Gamov, G.**; *Biografía de la Física*, Alianza Editorial, Madrid (1979).
- **Guedj, D.**; *El teorema del loro*, Editorial Anagrama, Barcelona (2002).
- **Mandel, S.**; *Dictionary of Science*, Dell Publishing Co., New York (1969).
- **Méndez, J.**; *Las Matemáticas: su historia, evolución y aplicaciones*, Servicio de Publicaciones, Universidad de La Laguna, La Laguna (2003).
- **Wudka, J.**; *Physics 7: Relative space-time and cosmology*, University of California, Riverside (1998).  
[http://phyun5.ucr.edu/~wudka/Physics7/Notes\\_www/notes\\_www.html](http://phyun5.ucr.edu/~wudka/Physics7/Notes_www/notes_www.html)  
[marzo 2004]