

GRADO DE MAESTRO EN EDUCACIÓN PRIMARIA  
2018-2019

CONSIDERACIONES DE LA HISTORIA DE LAS  
CIENCIAS, FÍSICA Y QUÍMICA, PARA EL DIÁLOGO  
ENTRE CIENCIA Y FILOSOFÍA DENTRO DE LAS  
AULAS.

CONSIDERATIONS OF SCIENCES' HISTORY,  
PHYSICS AND CHEMISTRY, FOR THE DIALOGUE  
BETWEEN SCIENCE AND PHILOSOPHY WITHIN  
THE CLASSROOMS.

Autora: Anjana García García.

Director: Ignacio Hernández Campo.

25 de Enero de 2019

## ÍNDICE

Resumen .....	2
Abstract .....	2
Introducción .....	3
Recorrido histórico de la física y la química a manos de filósofos ...	3
Antigüedad .....	3
Edad Media .....	13
Edad Moderna .....	17
Edad Contemporánea.....	24
Método científico .....	25
Ciencias física y química en el currículum de Cantabria .....	26
Separación ciencia y filosofía .....	29
Conclusión.....	34
Referencias .....	39

## Resumen

La historia de la física y la química está cargada de filósofos, pues en su origen no existía el concepto de “ciencia” como un ente separado de la filosofía. Poco a poco, conforme avanzaban los conocimientos y la ciencia se iba estableciendo como un campo individual, la brecha entre ciencia y filosofía se incrementó hasta el punto en el que nos encontramos ahora: una disociación tanto didáctica como conceptual. Enseñamos la filosofía como algo carente del pragmatismo de la ciencia, y enseñamos la ciencia sin darle su contexto filosófico.

Palabras clave: **ciencias, filosofía, didáctica, física, química.**

## Abstract

The Physics and Chemistry's history is filled with philosophers, as in their origin there was not a concept of Science itself, detached from philosophy. One step at a time, as knowledge has advanced and science has been established as a field, the gap between science and philosophy got wider until it reached the point we are now at: both a teaching and conceptual dissociation. Nowadays we teach Philosophy as if it were lacking the Science's pragmatism, and we teach science without its own philosophical background.

Key words: **Sciences, Philosophy, Teaching, Physics, Chemistry.**

## **Introducción**

¿Qué entendemos por ciencia, y cómo definiríamos la filosofía? Según la Real Academia Española la filosofía es el “conjunto de saberes que busca establecer, de manera racional, los principios más generales que organizan y orientan el conocimiento de la realidad, así como el sentido del obrar humano”. Mientras que la ciencia queda definida como el “conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente” (ASALE, s. f.).

Definiciones sospechosamente parecidas, casi complementarias, como dos caras de la misma moneda. Por qué, sin embargo, están ahora tan distanciadas que no sólo se imparten en asignaturas diferentes, se consideran ramas opuestas del saber, casi enfrentadas. La ciencia se ha ganado una reputación de objetiva e innegable, mientras que la filosofía (el perdedor de la partida) ha pasado a ser tintada de esotérica e idealista, sin una implicación real en los asuntos materiales. Esa separación ha conducido inevitablemente a una educación incompleta, carente de la unión que debería vertebrarla.

Ante el imparable y vertiginoso avance de la ciencia contemporánea, la sociedad acumula dilemas de carácter ético y social, olvidando que es la tradición filosófica la que históricamente se ha hecho cargo de ellos. El inmenso poder de cambio que posee la ciencia, tanto constructivo como destructivo, debería ser analizado y acompañado por otra disciplina que tenga ya asentado un conocimiento humanístico, social, ético e histórico, es decir, la filosofía.

## **Recorrido histórico de la física y la química a manos de filósofos**

### **Antigüedad**

El concepto de “ciencia” surge en los siglos XVI y XVII, con el final del renacimiento y principios de la ilustración. Sin embargo, la ciencia, como forma de observación, estudio y experimentación de la realidad que nos rodea, con el

fin de encontrar respuestas que expliquen el mundo natural y físico, existe desde la Antigüedad.

Antes de que la ciencia encontrara su lugar y fuera estructurada, la filosofía se ocupaba del saber y de la búsqueda del conocimiento mediante la observación y el razonamiento. En la antigüedad no se disponía, como actualmente, de la experiencia ni los medios adecuados para poder refutar o corroborar muchas teorías. Estas teorías y explicaciones, a menudo erróneas por lo que la ciencia ha podido demostrar, se basaban principalmente en la observación directa y la intuición, pero su impulso era en gran medida un impulso científico que acarrearía preguntas en busca de un conocimiento verdadero y buscaba respuestas metodológicas mediante el análisis y la razón. “Antes del periodo histórico moderno no podemos decir que existiera una tradición científica distinta de la de los filósofos, por una parte, y la de los artesanos, por otra” (Mason, 2012, p. 13).

El inicio del uso de la abstracción y la razón en la búsqueda del conocimiento es atribuido a los griegos.

Sin embargo, cabe mencionar que en China, desde el año 1500 a. C., hubo diferentes escuelas filosóficas y científicas cuyo objetivo era evitar los desastres de las guerras. Entre ellas, los mohistas investigaron cuestiones de física, como la formación de imágenes por espejos planos y curvos, el tratamiento empírico de sistemas mecánicos como poleas y palancas, así como otros métodos de defensa. Los lógicos, a su vez, defendían que el razonamiento lógico era el único camino para llegar a la paz, puesto que la experiencia sensible era engañosa y no servía como medio de reflexión acerca de la violencia (Villar García, 2012).

Más adelante, en Grecia, se puede decir que más concretamente en Mileto, la razón se fue concibiendo como algo capaz de dar explicación al origen de todos los fenómenos naturales. Ahí se atribuye el origen de la palabra “física”, “physis” en griego, que significa “naturaleza” (Villar García, 2012).

Los filósofos anteriores a Sócrates, también llamados presocráticos o filósofos de la naturaleza, hablaron de los cuerpos celestes dejando de lado mitos y personificaciones. Exponían que “el diámetro del tubo que contenía al Sol era unas veintisiete veces el diámetro de la Tierra, y el del tubo que contenía a la Luna era dieciocho veces esa medida” (Mason, 2012, p. 37).

Algunos de estos filósofos presocráticos ya se plantearon que la Tierra flotara en el espacio sin apoyo, aunque atribuyendo a ésta la forma de un cilindro. Incluso Anaxágoras (en torno al siglo V a. C.) propuso que la Luna recibía la luz del Sol y planteó la correcta naturaleza de los eclipses (Udías Vallina, 2004).

Estos filósofos de la naturaleza creían en la existencia de una materia primordial que daba origen a todos los cambios de la naturaleza.

Podemos constatar que hacían preguntas sobre cambios visibles en la naturaleza. Intentaron buscar algunas leyes naturales constantes. Querían entender los sucesos de la naturaleza sin tener que recurrir a los mitos tradicionales. Ante todo, intentaron entender los procesos de la naturaleza estudiando la misma naturaleza. (Gaarder, 2008, p. 38)

Podemos decir, por lo tanto, que se asomaron a la química científica tratando de identificar aquella materia original de la que todo está compuesto.

Tales de Mileto (aproximadamente 640-546 a. C.), fundador de la Escuela Jónica, tras observar los cambios en la naturaleza y cómo unas sustancias se transformaban en otras, se planteó la posibilidad de que hubiera una materia básica como origen de todas estas transformaciones. Para Tales esta materia primaria o elemento era el agua, tan presente en la naturaleza en varios estados e imprescindible para la vida (Asimov, 2002).

Los filósofos posteriores estaban de acuerdo con la existencia de una materia primaria, pero la identificaron con otros elementos. Para Anaxímenes (en torno al 570 a. C.), este elemento constituyente del Universo era el aire, puesto que este elemento era el que se encontraba entre la tierra y el lejano cielo que la rodeaba (Asimov, 2002).

Por su parte, Heráclito (que vivió aproximadamente entre el 540-475 a. C) razonó que, si la característica del Universo es el cambio, el fuego era el elemento donde el cambio es lo más notable. Luego para Heráclito esta sustancia primordial era el fuego con su ardor y continua mutación que le caracterizan (Asimov, 2002).

Entorno al 490-430 a. C., Empédocles consideró que no tenía por qué ser un solo elemento a partir del cual se formara el Universo, sino que eran cuatro: los tres que sugirieron sus antecesores y la tierra, que añadió él mismo (Asimov,

2002). Empédocles pensaba que “nada se genera ni se destruye, sino que se recompone por la acción de dos fuerzas, una de combinación y otra de disociación. Vemos aquí lo que pudiera ser una primera formulación del principio de conservación de la materia” (Udías Vallina, 2004, p. 54).

Aquellos filósofos dieron paso a los primeros atomistas. Leucipo de Mileto y Demócrito de Abdera, que vivieron en torno al siglo V - VI a. C., profundizaron en la idea de la materia formada por unidades indivisibles llegando a la idea de átomo.

Para Demócrito, todas las cosas están formadas por diferentes disposiciones de átomos. Para él el cambio viene dado por el movimiento de los átomos, necesitando para ello el vacío donde puedan moverse. Así mismo, no concebía los átomos iguales, sino que se diferenciaban por su tamaño y forma. Epicuro habló también de su peso y densidad. El número y la posición de los átomos les atribuían las demás cualidades (Udías Vallina, 2004).

El ámbito científico admite que con la interacción de los diferentes elementos y ciertas fuerzas naturales se explican los procesos de la naturaleza. Empédocles (494-434 a. C.) opinaba que era la unión y separación de los elementos a través de dos fuerzas (a las que llamó “amor” y “odio”) lo que provocaba todos los cambios en el entorno (Gaarder, 2008).

Tales no solo habló de la materia primaria. A él se le atribuye la primera descripción de la facultad de la piedra imán para atraer el hierro. Así mismo, se cree que fue el primero en observar las propiedades eléctricas de la materia, ya que sabía que cuando el ámbar era frotado por un tejido podía atraer plumas, trocitos de papel, etc. (Villar García, 2012).

Anaxágoras (S. V a. C.), último filósofo de la antigua Jonia y discípulo de Anaxímenes, creía que el Sol era una gran roca ardiente y que la Luna reflejaba la luz del Sol, así como que en ella había montañas (Villar García, 2012).

En una época en la que se consideraba que el orden del Universo venía establecido por los dioses y por la propia naturaleza, sin influencia exterior ni leyes físicas, Platón, discípulo de Sócrates, se mostró en desacuerdo con la generalidad de los filósofos presocráticos. Así, para él no solo se trataba de que

las transformaciones que se producen en el Universo se llevan a cabo en la materia, sino que estos cambios se desarrollan en base a un orden gracias a una planificación racional, no son al azar. De esta manera introduce el concepto de que las leyes rigen la materia (Villar García, 2012).

Más adelante, Aristóteles (384-322 a. C.), discípulo de Platón, coincidió con la teoría presocrática de los cuatro elementos. Sin embargo, “no pensaba que el agua que podemos tocar y sentir fuese realmente el elemento <<agua>>; simplemente es la sustancia real más estrechamente relacionada con dicho elemento” (Asimov, 2002, p. 20).

Para Aristóteles, los elementos eran dos pares de propiedades opuestas que no podían combinarse entre sí: frío y calor, humedad y sequedad. Cada elemento surge de la unión de una propiedad de cada combinación (Asimov, 2002).

Asimismo, afirmó que “cada elemento tiene una serie de propiedades específicas que le son innatas. Así es propio de la tierra el caer, mientras que en la naturaleza del fuego está el elevarse” (Asimov, 2002, p. 20).

Ya que los cuerpos celestes parecían girar en torno a la tierra, debían tener propiedades distintas. Aristóteles atribuyó al origen de los cielos un quinto elemento caracterizado como algo perfecto, eterno e incorruptible llamado “éter” (Asimov, 2002).

Respecto a la astronomía, se cree que Pitágoras, en torno al S. VI a. C., fue el primero en considerar la teoría geocéntrica en la que los astros giraban alrededor de la Tierra en círculos a diferentes distancias. Más adelante, Filolao de Cratonia, de la escuela pitagórica, se muestra en desacuerdo con la idea geocéntrica y sugiere que la Tierra, el Sol, las estrellas y todos los astros giran en torno a un fuego central. También parece que añadió a la Tierra el giro sobre sí misma. Asimismo, fue la escuela pitagórica la que estableció que la Tierra tiene una forma esférica (Udías Vallina, 2004). La teoría geocéntrica obtuvo el protagonismo en los modelos astronómicos hasta la llegada de Copérnico en el siglo XVI.

Gracias a Eudoxo de Cnido (S. IV a, C.), de la Escuela de Atenas, se tiene una descripción completa del primer modelo astronómico geométrico espacial para



reproducir la posición de los astros observada desde la Tierra. Aquel modelo consideraba las distancias de los cuerpos celestes a la Tierra y hacía posible la predicción de su posición en base al tiempo de manera continua (Udías Vallina, 2004).

A su vez, Heráclides de Ponto (390-322 a. C.) rompió con el modelo puramente geocéntrico al proponer que Venus y Mercurio giraban alrededor del Sol e introdujo la idea de epiciclo (órbita circular con centro sobre otro círculo), propuesta para poder explicar mejor los movimientos retrógrados que a veces tienen los planetas vistos desde la Tierra (Udías Vallina, 2004).

En este recorrido filosófico de la Edad Antigua, se hace imprescindible hacer una parada también en la física de Aristóteles (siglo IV a. C.), que gozó de una perdurabilidad de casi dos mil años. La física de Aristóteles, sin llegar a proponer definiciones correctas, muestra una disposición analítica frente al conocimiento y se puede apreciar la importancia que remarca sobre el razonamiento científico (Villar García, 2012). Así pues, podemos ver un ejemplo de la valoración que hace el filósofo a lo que podría ser un acercamiento al método científico cuando en su libro *Física* dice:

Y puesto que las causas son cuatro, es tarea propia del físico conocerlas todas, pues para explicar físicamente el <<por qué>> tendrá que remitirse a todas ellas, esto es, a la materia, a la forma, a lo que hace mover y al fin. (Aristóteles, 2008, p. 159)

A él le debemos también, en su obra *De coelo* (Sobre el cielo), una de las primeras definiciones de ciencia natural como aquella que trata de los cuerpos, sus magnitudes, sus cualidades y movimientos, y sobre los principios de tales sustancias (Udías Vallina, 2004, p. 61).

Respecto a la mecánica, Aristóteles formuló que un objeto podía permanecer en movimiento tan solo mediante la fuerza ejercida sobre él por un motor. El estagirita pensaba que “el movimiento depende de la fuerza aplicada y de la resistencia que se le opone, de forma que su velocidad es directamente proporcional a la fuerza e inversamente a la resistencia” (Udías Vallina, 2004, p. 62).

Para Aristóteles existían el movimiento natural y el forzado, de manera que todo movimiento que no es natural (como caer hacia abajo) es forzado (por ejemplo, un movimiento horizontal como el de un proyectil que es lanzado). Así, creía que para que un movimiento forzado continúe una vez finalizado el impulso recibido necesita ser movido por algo (Udías Vallina, 2004).

No fue hasta la llegada de Galileo Galilei, que en el siglo XVII formuló la Ley del Movimiento Uniformemente Acelerado, que la teoría del movimiento de Aristóteles dejó de ser aceptada.

Pero para Aristóteles, la única perspectiva posible para entender el movimiento es la perspectiva ontológica: el movimiento es siempre movimiento *de* los entes. Aceptar un movimiento del movimiento sería desligarlo de las cosas, con lo que se convertiría entonces en un fenómeno enteramente irracional. Una situación tal no sólo conduciría a la destrucción de la filosofía del *ens mobile*, sino también de la propia filosofía, tal como Aristóteles la entendía. (...) Al no concederle al movimiento ningún tipo de autonomía, Aristóteles no podía considerarlo jamás como un *estado* y tratarlo en consecuencia de la misma manera que el reposo. (De Echandía, 2008, pp. 22-23)

En el siglo IV a. C. se fundó la ciudad de Alejandría, que perduró hasta el año 520 d. C. y donde se estableció la Escuela de Alejandría. En la primera etapa de esta escuela, hasta el año 30 a. C., hubo varios astrónomos, matemáticos, físicos e ingenieros que, sobre todo, avanzaron en la aplicación de las matemáticas a estos campos. Estos científicos no están considerados filósofos, pero ya que en aquella época aún la ciencia no existía como disciplina definida, parece relevante mencionarlos.

En Astronomía, algunos griegos, como Aristarco (310 – 230 a. C.), llegaron a hacer mediciones de las distancias entre algunos astros y sus tamaños relativos. Estas medidas no se alejaban mucho de las reales (Udías Vallina, 2004).

Así mismo, según Arquímedes, partidario de la teoría geocéntrica, Aristarco propuso una teoría heliocéntrica en la que todos los planetas giraban alrededor del Sol (matizando que la Tierra lo hacía en una órbita circular) y que la Luna

giraba alrededor de la Tierra. Así mismo, a través de Plutarco, se cree que Aristarco introdujo también que la Tierra giraba sobre sí misma (Mason, 2012).

El mismo Arquímedes de Siracusa (287 a. C.), descubrió el principio de flotación y las densidades relativas. Mostró, en contraposición a lo que consideraban los griegos hasta entonces, que el peso de un cuerpo no es proporcional a su volumen, existiendo diferencias de densidad de unos objetos a otros (Mason, 2012).

En el segundo periodo de la Escuela de Alejandría, coincidiendo ya con la época romana, la ciencia se ocupó básicamente en revisar y recopilar las ideas y teorías de los autores anteriores.

Claudio Ptolomeo (año 100 – 170 d. C.), escribió el *Almagesto*, obra matemática en la que expone ideas básicas sobre el universo geocéntrico. Esta obra es en gran medida una recapitulación de las distintas aportaciones a la astronomía de autores anteriores, en especial de Hiparco de Nicea (en torno al año 120 a. C.), quien propuso el movimiento de precesión de los equinoccios (movimiento del eje de la Tierra que provoca que la posición aparente de las estrellas fijas vistas desde la Tierra varíe lentamente). El *Almagesto*, fue la obra referente en la astronomía de occidente hasta la llegada de Copérnico (Udías Vallina, 2004).

Las obras de astronomía que siguieron a la de Ptolomeo son básicamente comentarios de la suya. Parece ser que fue Teón, siglo V, quien en una de estas obras propone la “trepidación” de los equinoccios (movimiento oscilatorio hacia delante y hacia atrás), en vez del movimiento de precesión de Hiparco. Esta idea pasó a occidente en la Edad Media y perduró hasta ser rechazada definitivamente por Tycho Brahe en el siglo XVI (Udías Vallina, 2004).

El filósofo y astrónomo alejandrino Sosígenes estableció el calendario juliano. Este calendario contaba con 365 días los años normales y 366 días cada cuatro años. Pese a no ser exactamente como el calendario occidental actual, ayudó mucho en el establecimiento de las fechas (Udías Vallina, 2004).

Del final de la época de la Escuela de Alejandría cabe mencionar a una filósofa, matemática y maestra llamada Hypatía. Hija de Theon, matemático, astrónomo y director del Museo de Alejandría, Hypatía mejoró el astrolabio de entonces,

creó un planisferio, inventó un aparato para medir la densidad del agua y un alambique para destilar agua (Villar García, 2012).

En la india y en arabia, el interés científico se centró mayormente en las matemáticas y también en su aplicación en la astronomía. Al pensamiento indio le caracterizaba la concepción cíclica del tiempo, que estaba muy unida al pensamiento religioso (Udías Vallina, 2004).

Los matemáticos árabes, siguiendo la línea de los antiguos griegos, se ocuparon también de la mecánica y la óptica.

Al Kindi, entorno al año 870, no solo comentó las obras griegas, sino que aportó nuevas concreciones y fundamentos a sus demostraciones.

En óptica destacó Alhazen (Ibn al-Haytham), que vivió en torno a los siglos I y II. Este matemático y filósofo comentó las obras de Euclides, Apolonio y Arquímedes. Sin embargo, a diferencia de otros tantos autores que comentaron y recopilaron las obras griegas, Alhazen lo hizo de un modo crítico. El filósofo árabe, se mostraba disconforme con el modo en que aquellos autores, como Ptolomeo, se habían limitado a estudiar y aceptar los escritos de los antiguos sin buscar la verdad a través de demostraciones, Para él, aquel que investiga los escritos de los filósofos debe cuestionarse todo lo que lee con un espíritu crítico (Udías Vallina, 2004).

Alhazen introdujo el concepto del rayo de luz, como una partícula lanzada por el cuerpo luminoso que incide en el ojo, corrigiendo a Euclides y otros autores griegos, que la habían considerado como un cono de rayos que sale del ojo. Alhazen proponía, por tanto, una teoría corpuscular de la luz, al estilo de los atomistas griegos. También indicó que la velocidad de la luz es finita y distinta para cada medio. (...) Consideró el fenómeno del arco iris como causado por el efecto de la luz en las gotas de agua de la atmósfera. Alhazen mezcló el punto de vista matemático con el experimental, realizando observaciones con espejos. (Udías Vallina, 2004, p. 80)

Por su parte, el filósofo y astrónomo Al Khazini (en torno al año 1100), escribió acerca de la balanza donde trata el equilibrio, la determinación del centro de gravedad y la medida de pesos específicos (Udías Vallina, 2004).

Los árabes, entre otros aspectos de la mecánica, trataron el movimiento de los cuerpos. Avempace (Ibn Badja) (1095-1138), basándose en Juan Filopono, rechazó la teoría del movimiento de Aristóteles. Planteó ideas parecidas a las de la teoría del ímpetus, que aparecería en la Baja Edad Media y que trataba de explicar el movimiento de los proyectiles una vez separados del elemento que los lanza, así como su trayectoria curva (Udías Vallina, 2004).

Aristóteles, sin embargo, tuvo una gran influencia en los filósofos Avicena (Ibn Sina) (930-1037) y Averroes (Ibn Rusd) (1126-1198), quienes fueron, entre otros filósofos árabes, comentaristas de las obras del estagirita. Los dos introdujeron cambios en las ideas de Aristóteles para poder hacerlas compatibles con el Islam (Udías Vallina, 2004).

En el campo de la química hemos hablado de un acercamiento por parte de los filósofos de la naturaleza y de los primeros atomistas del siglo V y IV a. C. Más adelante, durante el periodo Helenístico, que comenzó tras la muerte de Alejandro Magno en el año 323 a. C., los griegos y macedonios controlaban grandes áreas de Oriente Medio. Esta rica mezcla de culturas unió la química aplicada de los egipcios, ligada al embalsamado de los muertos y los rituales religiosos, con la teoría griega (Asimov, 2002).

Sin embargo, los griegos quedaron tan impresionados por los conocimientos de los egipcios que, influenciados por sus creencias, recuperaron el misticismo que habían separado de la ciencia tiempo atrás. Por otro lado, el arte de la *Khemeia*, palabra griega que significa “mezcla de líquidos” y a la que se le atribuye el origen de la palabra “química”, aparecía relacionado con la religión y se fue volviendo un arte secreto. Estas circunstancias hicieron que en aquella época el progreso en este área de la ciencia se viera mermado (Asimov, 2002).

Una de las grandes cuestiones de la *khemeia* de la época era la “transmutación”, es decir, la transformación de un metal en otro, generalmente de plomo o hierro en oro. Algunos químicos trataron realmente de conseguir oro, pero otros tantos

finjían simplemente tener la técnica para beneficiarse de fama y poder (Asimov, 2002).

Con la llegada en el siglo VII de los árabes a Egipto y Persia, la palabra Khemeia se transformó en “al-kimiya”, para ser finalmente adoptada en Europa como “alquimia” (Asimov, 2002).

El alquimista musulmán Jabir ibn-Hayyan (entre los años 760-815. d. C.), conocido posteriormente en Europa como Geber, escribió numerosas obras. Este filósofo describió el cloruro de amonio y mostró cómo elaborar carbonato de plomo (albayalde). También obtuvo ácido nítrico débil que, en potencia, era bastante más corrosivo que el ácido más corrosivo conocido hasta entonces, el ácido acético fuerte (Asimov, 2002).

Sin embargo, fueron sus obras sobre la transmutación de los metales las que gozaron de mayor influencia. Creía que las mezclas de mercurio y azufre eran las que daban lugar a los distintos metales y que encontrando algún material que propiciara la mezcla en las proporciones correctas crearía oro (Asimov, 2002).

Esta sustancia facilitadora de la transmutación se creía que era un polvo seco. Los griegos la llamaron “xerion”, los árabes “al-iksir” y en Europa que quedó como “elixir”, donde vulgarmente se conocía como “piedra filosofal”. A esta sustancia se le atribuyó también el poder de conferir la inmortalidad (Asimov, 2002).

## Edad Media

Volviendo a Occidente, a partir del siglo IV el cristianismo se fue extendiendo y durante la Edad Media la filosofía se mantuvo al servicio de la teología. “Este modelo de relación entre la filosofía pagana y la teología cristiana permitió la supervivencia de la primera en los ambientes predominantemente cristianos, aunque tuviera un carácter subordinado” (Udías Vallina, 2004, p. 84).

Después de la caída del Imperio Romano los textos científicos disponibles eran en latín y además escasos, por lo que el conocimiento griego fue perdiendo su protagonismo. Aquello también acarreó dificultades en el desarrollo de la ciencia de la Alta Edad Media (Udías Vallina, 2004).

En el siglo VI cabe destacar a Juan Filopono, filósofo aristotélico que formuló la teoría del *impetus* sobre el movimiento en desacuerdo con Aristóteles. En cuanto a la velocidad de los proyectiles, propuso que es proporcional al impulso recibido y que se va perdiendo debido a la resistencia, con lo que, a diferencia de la doctrina aristotélica, aun en el vacío los cuerpos se mueven con una velocidad finita. Filopono rechaza que el proyectil, tras separarse de aquello que lo lanza, sea impulsado por el aire (Udías Vallina, 2004).

El interés científico fue emergiendo de nuevo entre los siglos VII y IX. Los monasterios y las escuelas catedralicias tienen en este despertar su protagonismo, ya que serán las instituciones de las que surgirán las futuras universidades. A su vez, las ideas del cristianismo tienen su importancia. La visión cosmológica cristiana, que estaba muy influenciada por el Timeo de Platón, consideraba el mundo creado por Dios. Esta visión de la creación otorgaba autonomía a la naturaleza, que fue creada junto con leyes que pueden ser comprendidas mediante la razón. Esta idea de la autonomía del orden natural se verá reflejada a principios del siglo XII en autores como Thierry de Chartres, Pedro Lombardo, Adelardo de Bath, y Guillermo de Conches, todos ellos con tendencias platónicas (Udías Vallina, 2004).

Tras la conquista de Toledo en el año 1085, comenzaron las traducciones al latín de las obras griegas a través de sus versiones árabes. En este encuentro con la filosofía natural griega se toma a Aristóteles como referente del saber, lo cual hará que el desarrollo de la ciencia quede en cierta medida estancado (Udías Vallina, 2004).

El impulso científico en occidente se vio enriquecido por la creación de las universidades. En España se crea la primera Universidad en 1254, en Salamanca, tras haber sido trasladados allí desde Palencia los primeros estudios generales. La física, la astronomía, la óptica, la mecánica y la música se estudiaban en la facultad de filosofía. Sin embargo, aún en el siglo XIII, la filosofía seguía estando al servicio de la teología. Esto fue cambiando poco a poco hasta que la filosofía se volvió autónoma y lo que hoy consideramos ciencias naturales fue abordado por la filosofía natural. En las universidades la doctrina aristotélica se introdujo con fuerza, tomando el nombre de “escolástica” (Udías Vallina, 2004).

En el siglo XIII, Roger Bacon

(...) propuso la reforma de los estudios con un mayor énfasis en las ciencias. Bacon fue un crítico acérrimo de la filosofía y la ciencia de su época, en especial deplorando las vanas especulaciones de los filósofos y el poco interés dado a las matemáticas. Formuló que los que se apoyan en la popularidad están confesando que están desnudos de la verdad (*A veritate nudi se esse professi sunt qui multitudine se armaverunt*), opinión que se puede aplicar también hoy. (Udías Vallina, 2004, p. 95)

Bacon realizó experimentos de óptica, estudiando los efectos de aumento de las lentes planoconvexas y llegando a plantear con ellas la construcción de un telescopio (Mason, 2012).

En el año 1269 Pierre de Maricourt abordó el magnetismo y escribió acerca de sus experimentos.

Hizo una esfera de piedra imán y estudió sus propiedades magnéticas mediante trocitos de alambre de hierro, y descubrió así los meridianos magnéticos, que señaló con tiza. Sabía que los polos magnéticos de distinto signo se atraen y que los del mismo signo se repelen, así como que, si se rompe en dos un imán, cada una de las mitades se convierte a su vez en un imán. No obstante, creía que las brújulas señalaban la estrella polar y no el polo terrestre, así como que los imanes esféricos rotaban espontáneamente. (Mason, 2012, pp. 174-175)

La mecánica en el siglo XIV retomó la teoría del *impetus* de Filopono, que fue discutida en Oxford por autores como Guillermo de Okham, Walter Burley, Richard Swineshead y William Heytesbury. Sin embargo, en el siglo XV la teoría perdió interés y mayormente se seguía de nuevo la física del estagirita (Mason, 2012).

En la universidad de París, la teoría del *impetus* se terminó de desarrollar con autores como Juan Buridan (1295-1358), Alberto de Sajonia (1316-1390) y Nicolás de Oresmes (1320-1382). La teoría trataba de explicar la trayectoria curva del proyectil, además de la continuidad de su movimiento. Según esta teoría, el *impetus*, que es el resultado del producto de la masa por la velocidad,



si no hay fuerzas que actúen en su contra, se mantiene constante (aquí se aprecia una anticipación del principio de conservación del momento lineal). El aumento y disminución del *impetus* era lo que explicaba el movimiento acelerado y la disminución del *impetus* venía dada por la resistencia del aire (Udías Vallina, 2004). Así mismo, en la teoría, “la trayectoria curva de un proyectil se explica por la acción combinada del ímpetus adquirido y de la *gravitas* (gravedad en el sentido de una tendencia del cuerpo pesado a ir hacia el centro de la tierra)” (Udías Vallina, 2004, p. 101).

Domingo de Soto (1494-1560), “propuso que el movimiento de caída de los cuerpos es uniformemente acelerado y se adelantó a Galileo sugiriendo que los espacios recorridos son proporcionales a los tiempos al cuadrado” (Udías Vallina, 2004, p. 102).

No solo en la mecánica se introdujo la teoría del *impetus*. En astronomía Buridán aplicó esta teoría al movimiento de las esferas celestes, que continuaban su movimiento indefinidamente al no haber resistencia. Esto supuso la aplicación del mismo sistema mecánico para el movimiento celeste y terrestre por primera vez. Así mismo, enmarcados dentro de la crítica de Aristóteles, Buridán, Oresmes y Nicolás de Cusa (1401-1464), se plantean la posibilidad de la Tierra girando sobre sí misma. Este último afirma también que el movimiento del universo no tenía por qué ser en torno a la Tierra (Udías Vallina, 2004).

Respecto a las ideas adelantadas a su tiempo es de mencionar a Ramón Llull, filósofo y escritor catalán. Llull escribió en 1304, 300 años antes de que Newton publicara las Leyes del Movimiento, el *Libro del ascenso y descenso del entendimiento*, donde habla del movimiento violento o natural, siendo este último de descenso y conforme a la gravedad (LLull, 2002).

El campo de la óptica fue tratado también en el siglo XIV por John Dumbleton, quien

comenzó el análisis de algunas condiciones básicas de la óptica que no fueron resueltas hasta el siglo XVII. Afirmó que la intensidad de iluminación de un punto determinado era directamente proporcional a la potencia de la fuente luminosa e inversamente proporcional a la «densidad» del medio, y para una fuente y un medio determinados la

intensidad de la iluminación disminuía con la distancia, pero no de modo «uniformemente disforme», es decir, no en una proporción simple. (Berganza, 1993, p. 199)

Al margen de los filósofos, la historia de la astronomía contempla un antes y un después en torno al año 1510, cuando Nicolás Copérnico presentó el sistema heliocéntrico. Aunque hubieron de pasar más de cien años antes de que fuera aceptado por el público en general, más allá de algunos astrónomos.

## Edad Moderna

En las ciencias modernas se produce un cambio de paradigma y de método que llega influenciado por filosofía empírica de Bacon y las ideas platónicas de que el mundo se puede controlar matemáticamente. Se pasa de la observación pasiva a la activa y comienza la realización de experimentos, la ciencia aplicada, el registro de datos, y la búsqueda de regularidades naturales sutiles con capacidad de prever.

Al igual que ocurrió con la creación de las universidades en la Edad Media, la ciencia de la Edad Moderna se vio impulsada por el surgimiento de nuevas instituciones como academias y sociedades científicas. Muchas universidades medievales, atadas a la ciencia tradicional aristotélica, se encontraban estancadas científicamente y las nuevas instituciones cobraron un papel importante en el establecimiento de la nueva ciencia. Estas academias y sociedades fomentaban las publicaciones y expediciones científicas. Un grupo de filósofos fundó en Florencia en 1470 la Academia Platónica, que serviría de precursora de las posteriores academias de carácter notoriamente científico. Galileo Galilei fue miembro de la Academia del Lince (*Accademia dei Lincei*), fundada en Roma en 1603. A su vez, Robert Boyle, Robert Hooke e Isaac Newton fueron miembros de la Real sociedad de Londres para la promoción del conocimiento natural (*Royal Society of London for the Promotion of Natural Knowledge*), fundada en Londres en 1662. Antes de fundarse oficialmente en Francia en 1666 la Academia Real de las Ciencias (*Académie Royal des Sciences*), Pierre Gassendi, René Descartes y Blaise Pascal, entre otros miembros del llamado círculo de Mersenne, se reunían de manera informal para

tratar y experimentar con la física de aquel tiempo. Más tarde se crearon otras academias de ciencias en distintos lugares. En España, la primera academia de ciencias fue la Real Academia de Ciencias y Arte de Barcelona, creada en 1764. Posteriormente, en 1834, se creó la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, con sede en Madrid (Udías Vallina, 2004).

Todos estos filósofos de la Edad Moderna, junto con algún otro que se menciona a continuación, trataron de nuevo temas como el magnetismo; la mecánica, introduciendo demostraciones matemáticas; y la astronomía.

William Gilbert (1544 – 1603) realizó un estudio en profundidad sobre el magnetismo en su libro *De Magnete*. En su obra concluye que la Tierra es como un gran imán cuyos polos se sitúan cerca de los polos norte y sur geográficos. (Beléndez, 2008). En la visión de Gilbert, “la virtud magnética de la Tierra alcanzaba hasta los cielos, según creía, manteniendo al mundo cohesionado. Para Gilbert, la gravedad no era sino magnetismo” (Mason, 2012, p. 211).

Giordano Bruno (1548-1601) fue un defensor del heliocentrismo y la infinitud del universo. Pensaba que el Sol no era el centro del Universo, sino sólo del sistema de los planetas. Asimismo creía que existían infinitud de tales sistemas a lo largo de un espacio vacío infinito (Udías Vallina, 2004).

Entre Galileo y Newton se produce el abandono definitivo de la física aristotélica y se promueve una visión mecanicista de la naturaleza. “Esto implica la concepción de los fenómenos naturales en términos mecánicos, es decir, movimiento y choques de cuerpos que se mueven en el vacío” (Udías Vallina, 2004, p. 127).

Blaise Pascal (1623-1662) fue un filósofo que se interesó mucho en el estudio del vacío. Demostró que el aire tiene peso llevando un barómetro a una altura de 1465m y comprobando que el mercurio disminuía al aumentar la altura. Asimismo, demostró la existencia del vacío que quedaba en parte alta del barómetro (Udías Vallina, 2004). En hidrostática, Pascal formuló el principio de que, en un fluido en equilibrio, la presión ejercida en un punto se transmite por igual a todos sus puntos y en todas direcciones (Villar García, 2012).

Galileo Galilei (1564-1642) expone la existencia del vacío junto con la de los átomos. Asimismo, cambia la perspectiva de investigación sobre la mecánica seguida por los filósofos peripatéticos, que buscaban la finalidad del movimiento. Galileo se plantea el “cómo”: la relación entre el espacio recorrido, el tiempo que tarda y la velocidad (sea constante o variable), y expone que las respuestas deben darse en un lenguaje matemático (geométrico). A diferencia de Aristóteles, afirmaba que en el vacío todos los cuerpos, fuera cual fuera su peso, caían en los mismos tiempos. La trayectoria de los proyectiles fue otro de los temas de estudio de Galileo, considerándola como una mezcla de los dos movimientos, natural y violento, que Aristóteles presentaba como excluyentes el uno del otro (Udías Vallina, 2004).

En astronomía, Galileo fue el primer filósofo y científico que defendió el sistema heliocéntrico de Copérnico basándose en observaciones astronómicas, las cuales comenzó con un catalejo. El filósofo descubrió fenómenos nunca antes observados, como los satélites de Júpiter, las fases de Venus, y las montañas de la superficie de la Luna. Estos descubrimientos reforzaban la idea de que la Tierra era un planeta más que giraba alrededor del Sol (Udías Vallina, 2004).

Pierre Gassendi (1592-1655), volvió a presentar de forma clara la teoría atomista que la física tradicional aristotélica rechazaba. Ya que los teólogos eran seguidores de la filosofía aristotélica, propuso que los átomos habían sido creados por Dios, tratando así de acercar el atomismo a los círculos teológicos. Gassendi se acercó a la idea de la inercia al suponer que un cuerpo que se encuentra en movimiento continúa en él si no se produce interferencia alguna (Udías Vallina, 2004).

René Descartes (1596-1650) propone como base del proceso filosófico el escepticismo metódico, esto es, “la duda de todo, hasta encontrar algo de lo que no se pueda dudar. (...) De aquí pasa al principio, que la evidencia solo está en las ideas claras y distintas, de las que no puede haber duda” (Udías Vallina, 2004, p. 130). Este método sería conocido como el método cartesiano.

El filósofo francés, negaba la existencia del vacío y tenía una visión del átomo en la que este no es indivisible. Creía en la existencia de tres clases de materia, de la más sutil a la más densa, divididas en átomos que están en contacto entre

ellos. El éter era de lo que estaba formado para Descartes el espacio; la materia luminosa, un poco mas densa que el éter, era la materia que formaban el Sol y las estrellas; y por último la que formaban la Tierra y los planetas, la materia más opaca y densa (Udías Vallina, 2004).

La óptica de Descartes se relaciona con las teorías del éter, pues para él

la luz es como una presión vibrante que comprime a la materia sutil por lo que se transmite instantáneamente, en la que el medio mismo es el factor más importante. (...) compara la reflexión de la luz con el rebote de una pelota elástica y, teniendo en cuenta las componentes de la velocidad en el choque, demuestra que el ángulo incidente es igual al reflejado. (Villar García, 2012, p. 193)

Descartes introdujo la idea de inercia al exponer que un cuerpo permanece en línea recta a no ser que existan colisiones. Asimismo, da una primera formulación de la conservación del momento lineal al afirmar que en una colisión el movimiento total de los cuerpos que chocan se conserva, pero se distribuye entre ellos. La cosmología de Descartes se enmarca en sus ideas sobre la mecánica en las que solo se aceptan interacciones a través de contacto o choques entre cuerpos. De esta manera plantea el movimiento de los planetas en torno al Sol debido a un sistema de torbellinos (o vórtices) que se forman en la materia sutil, llenando el espacio en torno al Sol y arrastrando a la Tierra y demás planetas. Respecto al magnetismo, Descartes lo atribuye a una serie de partículas con forma de rosca que penetran en unos poros, también estriados, del hierro. Para el filósofo la Tierra es un gran imán que da lugar al movimiento de estas partículas (Udías Vallina, 2004).

Robert Boyle (1627-1691) focalizó sus estudios en la compresibilidad de los gases y el vacío. Con uno de sus más famosos experimentos logró demostrar que existía una relación inversa entre el volumen y la presión, y su ayudante Robert Hooke enunció de forma matemática la ahora llamada Ley de Boyle. Más tarde se demostró que dicha ley únicamente se cumplía en condiciones de temperatura constante, lo que llegó a constituir la base del estudio del estado gaseoso y el desarrollo de la termodinámica. De la mano de su ayudante Robert Hooke puso en práctica varios experimentos tratando el tema del vacío. Con

estos experimentos descubrió que el agua hervía a una temperatura inferior a la estipulada si reducías la presión del aire y que el aire no jugaba un papel vital en el “efluvio magnético”, como se creía de forma generalizada por aquel entonces. Además, dada la atracción eléctrica que sufrían dos recortes de papel por un trozo de ámbar tras haberse frotado, Boyle supuso por primera vez en la historia que la atracción era mutua (Villar García, 2012).

En el campo de la química Boyle rechazó la teoría de los cuatro elementos de Aristóteles y la tría prima de Paracelso (azufre, mercurio y sal como base de todas las sustancias). Afirmaba que los cuatro elementos no podían convertirse unos en otros y que ni siquiera la materia estaba constituida por elementos como tal, pues consideraba que los propios elementos eran cuatro cuerpos compuestos. Su diferencia fundamental fue encarar las reacciones entre sustancias desde una perspectiva atomista y mecanicista, llegando a proponer a través de su teoría corpuscular de la materia que los compuestos químicos estaban formados por agrupaciones de partículas primarias, en diferente número, posición y movimiento. Esto le llevó a convertir la alquimia, esa “ciencia” que por aquel entonces aún poseía ciertos tintes esotéricos, en la química, y creó los primeros protocolos a seguir en el laboratorio, muchos de los cuales aún hoy en día se mantienen vigentes.

Tras sus experimentos declaró que la función del fuego “es disolver el cemento o contextura que mantiene juntas las partes heterogéneas de los cuerpos bajo una forma común “ (Boyle, 1985, p. 125). Asimismo, afirmó que en el aire existía un principio llamado “nitro aéreo”, y que poseía un papel fundamental en reacciones como la combustión o la respiración. Más tarde Lavoisier descubrió que el susodicho “principio” era en realidad el oxígeno.

Robert Hooke (1635-1703), que fue ayudante de Boyle, estudió las propiedades elásticas de gases y sólidos y realizó diversos experimentos. Propuso la ley de elasticidad que expone que las deformaciones de un muelle son proporcionales a las fuerzas aplicadas. También sugirió que todos los cuerpos se dilatan con el efecto del calor. Era partidario de la teoría corpuscular de la materia y propuso que las partículas que forman los gases están más separadas que las de los sólidos. En el campo de la óptica, estudió de forma experimental las propiedades

de la luz y defendía que la luz elemental era la blanca, pero mantenía la naturaleza ondulatoria de la luz (Udías Vallina, 2004).

Respecto al movimiento de los astros, rechazó la idea de los vórtices de Descartes exponiendo que la Luna seguía una órbita curvilínea, al igual que los cometas, y que la atracción terrestre era la causa de la desviación de su recorrido, puesto que por sí misma la Luna tenía una tendencia a seguir una trayectoria recta. De esta manera introdujo a su vez la idea de la “acción a distancia”. A su vez sugirió que las fuerzas que actuaban sobre los planetas dependen del inverso de los cuadrados de las distancias, sin llegar a expresarlo matemáticamente (Villar García, 2012).

Isaac Newton (1642-1727), entre otros libros, escribió *Óptica o tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz* y, el que es considerado el primer libro de física teórica, *Principios matemáticos de la filosofía natural (Philosophiae Naturalis Principia Mathematica)*, conocido como los *Principia*.

En su libro sobre óptica, Newton reflejó los descubrimientos empíricos y teorías innovadoras enfrentándolas al trasfondo de las doctrinas previas sobre la luz y los colores extendidas entre sus contemporáneos, que eran distintos modos de la teoría cartesiana. Dicha teoría postula que la luz no es más que un tipo concreto de presión, también llamada “tendencia al movimiento”, propagada a través de un medio fluido. Y los colores, por otra parte, no son sino la modificación de este pulso original que conforma la luz inalterada (Solís, 1977a).

Newton, tras sus observaciones de la refracción de un prisma, se planteó que tal vez la luz no poseía una estructura homogénea, sino que estaba formada por diversos rayos de luz con diferentes refrangibilidades, creando una teoría de la heterogeneidad de la luz y posteriormente enfrentándola directamente con la teoría homogénea (Solís, 1977b).

Newton rechaza la naturaleza ondulatoria de la luz cuando expone la cuestión 28 del libro III de su tratado de óptica:

Si la luz no fuese más que una presión propagada sin movimiento efectivo, sería incapaz de agitar y calentar los cuerpos que la refractan y reflejan. (...) Si consistiese en una presión o movimiento propagado

instantáneamente o en el tiempo, entonces se doblaría hacia las sombras, pues la presión o movimiento no se puede propagar por un fluido en línea recta, tras un obstáculo que detenga parte del movimiento; por el contrario, se doblará y extenderá en todas direcciones por el medio en reposo que está del otro lado del obstáculo. (S. I. Newton, 1977, pp. 313-314)

Por otro lado, en la siguiente cuestión, la cuestión 29, propone la teoría corpuscular

¿Acaso los rayos de luz son cuerpos pequeñísimos emitidos por las sustancias luminosas? En efecto, tales cuerpos habrán de pasar por medios uniformes en línea recta sin doblarse hacia la sombra, tal como ocurre con la naturaleza de los rayos de luz. (S. I. Newton, 1977, p. 320)

*Los Principia* de Newton se compone de tres libros.

El primer y segundo libro llevan como título *Sobre el movimiento de los cuerpos*. Newton logró demostrar que era la misma fuerza de gravedad la que condicionaba que los objetos fueran “estirados” hacia el centro de la Tierra, como exponía Galileo, pero también la responsable de las órbitas de los planetas. Así mismo, dijo que el movimiento orbital de la Luna alrededor de la Tierra obedecía a los mismos principios que Galileo postuló para el movimiento de proyectiles. Demostró que la gravedad explicaba y predecía los movimientos lunares y de las mareas en la Tierra (Hawking, 2010).

En el libro primero, Newton expone las tres leyes del movimiento que él mismo postula.

El segundo libro trata fundamentalmente sobre la mecánica de fluidos. Respecto a la teoría de los vórtices de Descartes, Newton concluye que, bajo un análisis detallado, ésta no se sostiene y que los movimientos de los planetas pueden realizarse en un espacio libre y sin vórtices (Hawking, 2010).

Bajo el título *Sobre el sistema del mundo*, el tercer libro comienza con *Reglas para filosofar*, donde se expone que “No deben admitirse más causas de las cosas naturales que aquellas que sean verdaderas y suficientes para explicar sus fenómenos. (...) en tanto que sea posible, hay que asignar las mismas



causas a los efectos naturales del mismo género” (I. Newton, 2010, pp. 915-916). En este mismo libro concluye que “ La gravedad ocurre en todos los cuerpos y es proporcional a la cantidad de materia existente” (I. Newton, 2010, p. 927). Con su ley de gravitación universal, Newton pudo dar explicación al movimiento de los planetas conocidos, las lunas, los cometas, la precesión de los equinoccios y las mareas (Hawking, 2010).

En este tercer libro también expone que “Los ejes de los planetas son menores que los diámetros trazados perpendicularmente a dichos ejes” (I. Newton, 2010, p. 934). Con esto expone el achatamiento de los polos en los planetas debido a la fuerza centrífuga. Esto le lleva a sugerir por primera vez que, debido a la fuerza de gravedad y la rotación, la Tierra no es una esfera, sino un elipsoide.

Pierre Moreau de Maupertius (1698-1759) propuso el principio de mínima acción, sobre el cual Lagrange y posteriormente Hamilton terminaron fundamentando el principio de mínima acción (o de acción estacionaria) moderno, que describe la evolución a lo largo del tiempo del estado de movimiento tanto de una partícula como de un campo físico (Udías Vallina, 2004).

En el nacimiento de las ciencias modernas, léase física o química, se ha producido siempre una etapa precientífica, en la cual ha habido un cambio por parte de los científicos con respecto a una concepción metafísica de la realidad. Por ejemplo, en la química fue necesario sustituir la teoría de los cuatro elementos por la teoría de los átomos de Demócrito. Es decir, un modelo de la realidad que implica un posicionamiento metafísico, ya se entienda la realidad como algo formado por cuatro elementos, sin vacío, o como átomos y vacío.

## Edad Contemporánea

Ernst Mach (1838-1916), filósofo y físico ya de la Edad Contemporánea, centró sus estudios en la física de fluidos, siendo su aportación más famosa el estudio de las ondas de choque que aparecen al desplazarse un cuerpo en un fluido a una velocidad mayor que la del sonido. Sus ideas filosóficas influyeron en las grandes mentes coetáneas, siendo Einstein una de ellas (Udías Vallina, 2004). Más allá de su trabajo en la mecánica y la óptica, estudió la mecánica relativista (lo que convirtió a un joven Einstein en su seguidor) desde una postura que defendía que las propiedades físicas del espacio eran atribuidas por la materia

contenida, y que la única forma de movimiento real de una partícula era tal en función relativa a otra materia en el universo; aunque nunca llegó a encontrar una expresión completa en una teoría física (Brans & Dicke, 1961).

El físico y filósofo Erwin Schrödinger (1887-1961) contribuyó al desarrollo de la interpretación teórica de la mecánica cuántica, proponiendo una ecuación que describe cómo se propaga una onda. A su vez, el filósofo planteó la famosa paradoja del gato de Schrödinger, donde aborda el problema de la medición. Siguiendo la paradoja, según Schrödinger, ya que no se puede prever con mediciones el momento exacto de la muerte del gato, sino sólo conocer las probabilidades a lo largo del tiempo, hasta que el observador no abra la caja el gato estará vivo y muerto a la vez. Sin embargo, para Werner Heisenberg (1901-1972), también físico y filósofo, se trataba más bien de que no se puede decir que el gato disponga de una realidad independiente hasta que se abra la caja para comprobarlo. En los inicios de la mecánica cuántica, Heisenberg expuso el principio de incertidumbre que lleva su nombre, en el que dice que no se puede conocer la posición exacta y la cantidad de movimiento de una partícula cuántica al mismo tiempo (Al-Khalili, 2016). Como se aprecia, el papel del observador en estas teorías se vuelve muy relevante. La mecánica cuántica ha generado consideraciones filosóficas que se extrapolan a distintos ámbitos de las ciencias y la vida.

### **Método científico**

Todos estos filósofos que se adentraron en la física y la química lo hicieron a través de métodos científicos como el experimental, deductivo o inductivo.

En un libro sobre las ciencias editado en el año 1912, vemos referencias al método experimental empleado en astronomía. “Para Luis Coronel (...) <<la Física no es una ciencia deductiva cuyas proposiciones resulten de principios evidentes *a priori*; tiene su origen en la experiencia, y los principios de la cosmogonía son hipótesis imaginadas para explicar los fenómenos>>” (Baillaud, 1912, p. 68).

Este mismo autor, Baillaud, cita también a Galileo en defensa de Copérnico: “<<Para demostrar que la posición de Copérnico no es contraria a las Escrituras

-escribe [Galileo],- basta mostrar con mil pruebas que ella es verdadera.>>” y añade: “ Todavía sería menester mostrar que los hechos observados no pueden ser explicados de otra manera” (Baillaud, 1912, p. 72).

Actualmente, en el concepto de método experimental ha perdido protagonismo la parte “observacional”, entendiendo ésta como el acto de analizar la realidad que nos rodea a través de la observación para llegar a conclusiones demostrativas, y el podio es ahora compartido por la realización de experimentos con el fin de sistematizar y perfeccionar la observación de fenómenos. La diferencia entre observación y experimento es fundamental, la observación es pasiva y el experimento es activo, ya que se introduce la naturaleza en el laboratorio en condiciones idealizadas, en el sentido que se matematiza lo real y se somete la realidad a las hipótesis. El laboratorio en sí mismo no es la naturaleza.

Por su parte, el método deductivo se basa en hallar principios desconocidos a partir de otros conocidos, mientras que en el método inductivo se parte de casos particulares para extrapolar los conocimientos a casos generales (López Cano, 1978). Los dos métodos emplean estrategias de razonamiento lógico, mas la diferencia radica en la dirección del razonamiento. La deducción parte de lo general para llegar a lo particular y en la inducción se parte de lo específico para llegar a la conclusión general.

### **Ciencias física y química en el currículum de Cantabria**

Tras haber revisado las cuestiones abordadas por los filósofos a lo largo de la historia en el campo de las ciencias física y química, vemos que muchos de aquellos temas son los que se tratan hoy en día en la escuela primaria.

En el currículum de Cantabria para la educación primaria encontramos algunos ejemplos de estas conexiones en los diferentes cursos dentro de la asignatura Ciencias de la Naturaleza. En el bloque 4 (*Materia y energía*) tenemos por ejemplo el estudio de materiales por sus propiedades físicas observables, mezclas homogéneas y heterogéneas, cambios físicos de la materia, fuerza de gravedad y el movimiento o comportamiento de materiales ante la luz y el calor; y en el bloque 5 (La tecnología, objetos y máquinas) encontramos entre los

criterios de evaluación y estándares de aprendizaje: conocer los principios básicos del funcionamiento de aparatos y máquinas simples, conocer los principios básicos que rigen máquinas y aparatos, reconocer las fuerzas que actúan sobre un plano inclinado o relación entre electricidad y magnetismo.

También encontramos referencias al uso adecuado de las tecnologías de la información, así como a criterios éticos y de responsabilidad en relación a la conservación y protección del medio ambiente. Respecto a la utilización del método científico se alude al rigor y búsqueda de la verdad que este promueve y su relación con la competencia de aprender a aprender (Gobierno de Cantabria, 2014).

En el currículum de Cantabria se aprecian contenidos que hacen referencia a conocimientos científicos que se vienen desarrollando desde la antigüedad por filósofos cuyo objeto de estudio y reflexión no se ceñía exclusivamente al mundo físico. La búsqueda de respuestas de muchos de estos grandes pensadores y precursores de las ciencias también los llevaba a cuestiones humanísticas, preocupándose, por ejemplo, de la ética, la sociedad y la política. Sin embargo, desde la escuela se plantea una enseñanza de las ciencias que deja al margen su filosofía. Aunque los alumnos estudian teorías físicas y químicas recientes, de los últimos 300 años, es interesante conocer la relación entre filosofía y ciencia para poder dotar al estudio científico-tecnológico de la visión humanística y crítica que se hace imprescindible al hablar de un desarrollo que afecta a toda la sociedad desde ángulos tan diversos.

Resultaría interesante que los alumnos conociesen otras facetas de científicos que marcaron los orígenes de la química, por ejemplo, a Humphry Davy y sus múltiples intereses tanto literarios como científicos que posibilitan la comunicación entre las dos culturas, como diría C.P. Snow. En este sentido, podemos ver en el siguiente poema de Davy como se aúnan ciencia y poesía.

Escrutar las leyes de la naturaleza, explorar  
El tranquilo reino de la filosofía:  
O planear con ala newtonianas  
Por las brillantes regiones del cielo estrellado.

Desde estos empeños, los Hijos del Genio escudriñan  
El fin de su Creación, así es como conocen  
Las hermosas, sublimes e inmortales esperanzas del hombre  
Desde las que solo fluyen placeres inmortales.  
Suya es la gloria de un nombre perdurable,  
La dignidad del Genio y su fuego vital,  
Suyo es el laurel de la llama eterna  
Y suya la dulzura de la lira de las musas.  
  
(Como se cita en Holmes, 2012, p. 326)

Conocer ejemplos de científicos que han recibido su inspiración tanto de ámbitos científicos como culturales, por ejemplo Newton, interesado en la alquimia, física, óptica y teología; o químicos del Romanticismo inglés, como William Nicholson, Anthony Carlisle, Joseph Priestley o John Dalton, que escribían literatura (Holmes, 2012); o Albert Einstein, con su interés por la música y la política, puede proporcionar una visión más rica de lo que un científico es y un acercamiento a las ciencias desde distintas perspectivas.

La enseñanza de las ciencias en educación primaria, que es cuando se forman los conceptos, se encuentra descontextualizada; se enseñan las ciencias tal como si fueran un ente flotando en el vacío.

De esta manera, comprender las conexiones entre ciencia y filosofía amplía el imaginario que se tiene sobre las ciencias y se abren líneas de razonamiento donde el rigor, la veracidad y la objetividad científica se pueden extender a todos los campos de pensamiento del día a día de los alumnos.

Tal y como se ha remarcado antes, la competencia de aprender a aprender se contempla también en el currículum relacionada con el uso del método científico y su rigor en la búsqueda de la verdad. Por lo tanto, es importante trabajar la distinción entre ciencia y pseudociencia, la cual viene dada por la definición y características de la ciencia. Así mismo, en la búsqueda de conexiones actuales con la vida de los alumnos cabe destacar la saturación de información

presentada como científica a través de internet, por ejemplo, sobre la salud y la nutrición. En el desarrollo de la competencia aprender a aprender se debe tener en cuenta el conocimiento de estrategias de contraste, verificación, experimentación y argumentación de la información que recibimos, para lo cual resulta de gran ayuda una buena comprensión de lo que supone la ciencia y su método compaginada con el desarrollo de la capacidad de profundización en la semántica y la lógica que aporta la filosofía.

### **Separación ciencia y filosofía**

Son diversos los factores que llevaron a la separación de la ciencia y la filosofía. En el proceso de dicho divorcio podemos situar un antes y un después a mediados del siglo XVIII, con Immanuel Kant. Curiosamente, el filósofo era partidario del paradigma unitario del saber. Sin embargo, sus intentos de desarrollar una metafísica racionalista chocaron con la imposibilidad de vincular los objetos de la metafísica con la experiencia. En busca del rigor que consideraba debía tener la física, su análisis gnoseológico le llevó a afirmar que solo en las matemáticas y la ciencia natural se encuentra el conocimiento propiamente dicho, otorgando a la filosofía un rol propedéutico y crítico. La repercusión más notable de la propuesta de Kant fue la nueva visión que percibía la ciencia y la filosofía como ramas del saber muy distintas (Arana Cañedo-Argüelles, 2016). A partir de este cambio de percepción, la filosofía y la ciencia empiezan a vislumbrarse como dos disciplinas independientes, tomando la ciencia un camino que la lleva cada vez más hacia la especialización. La filosofía, en relación con la ciencia, recorre un camino que va del análisis de la construcción del conocimiento y las teorías científicas al planteamiento de las consecuencias holísticas de la actividad científico-tecnológica.

Durante aquel recorrido, la filosofía analítica de la ciencia se desvinculó de la realidad científica en cuanto que se centraba en una filosofía teórica y no en una filosofía de la actividad científica. Así mismo, era una filosofía meta-teórica que no contemplaba aspectos importantes de la ciencia actual, la cual plantea problemas éticos, ecológicos, políticos y sociales. De esta manera esta filosofía se desinteresó de los estudios históricos y sociológicos de la ciencia, con lo que

las controversias científicas quedaban excluidas del campo de estudio de la filosofía analítica (Echeverría, 2010).

Hasta los años 60 del pasado siglo, el panorama filosófico fue dominado por el positivismo lógico (Carnap) y el racionalismo crítico (Popper), hasta la llegada de Kuhn y su giro historicista con su obra *La estructura de las revoluciones científicas*.

El positivismo lógico se originó en el Círculo de Viena por filósofos bien entendidos de la ciencia y científicos interesados por la filosofía. Influenciada históricamente por Hume, ya que este solo consideraba significativos los enunciados que trataban relaciones entre ideas (lógica y matemática) o hechos (ciencias empíricas), la filosofía del círculo de Viena afirmaba que cualquier pregunta o respuesta que fuera más allá de lo empírico se encontraba fácilmente carente de significado (Feigl, 1979).

Contemporáneo de Kuhn y neo-popperiano era Imre Lakatos, que intentó aplicar la lógica a los paradigmas de Kuhn y propuso los programas de investigación científica. En contraste con la falsabilidad de Popper, quien expone que una teoría se considera científica cuando puede ser falsada experimentalmente, Lakatos propone una falsabilidad refinada, mediante la cual una teoría solo puede ser falsada al ser sustituida por otra que incluye los contenidos corroborados de aquella e introduce nuevas predicciones (Hernández, Romero, & Bracho, 2005). A partir de entonces, la filosofía de la ciencia no se limitó a la reconstrucción lógica de las teorías científicas y prestó atención a la historia de la ciencia y los cambios de paradigma. La noción de verdad atemporal se vio desautorizada por una concepción evolutiva de la ciencia.

Por otra parte, el desarrollo de la sociología de la ciencia, a través del constructivismo social, afirmaba la construcción social del conocimiento científico, y a partir de los años 80 surgen defensores del realismo científico. Más adelante, tras la Segunda Guerra Mundial, se dio un nuevo giro social que criticaba la ciencia militarizada (Echeverría, 2010).

Charles Percy Snow, científico y escritor, en su conferencia de 1959 habló de las dos culturas, refiriéndose a la cultura científica y la cultura humanística, haciendo alusión a la innecesaria y contraproducente falta de diálogo y entendimiento

entre ellas. Una falta de diálogo que mina las mejores oportunidades creativas para el progreso social (Snow, 2000). Comentando la conferencia de Snow, Stefan Collini (2000) argumenta respecto a la especialización:

Es infructuoso lamentar el proceso de especialización como tal: es la precondition del progreso intelectual y a menudo representa un refinamiento impresionante de conceptos y técnicas. (...) Las cuestiones de interés se refieren, antes bien, a las formas en que esas especializaciones se relacionan con la cultura más amplia y el impacto que tienen en la discusión de materias que nunca pueden reducirse, sin más, al coto cerrado de una única disciplina académica. (2000, p. 54)

No obstante, aunque la ciencia y la filosofía en gran parte hayan separado sus caminos, los científicos son también personas que interaccionan en un mundo complejo y al mismo tiempo cuando hacen ciencia toman posiciones filosóficas; no pueden prescindir de la filosofía. También la ciencia lleva implícita una ética o deontología del comportamiento científico que se basa en la honestidad, la verdad, el rigor y compartir el conocimiento.

Sin embargo, debemos tener en cuenta que la ciencia no puede evitar su vinculación con las instituciones políticas, por mucho que se esfuerce en ofrecer una imagen apolítica. Vinculación al menos en cuanto a la aprobación, financiación y apoyo que requiere la ciencia por parte de aquellas. Así pues, como expresó el historiador Joseph Haberer (1969), el ejercicio científico rebosa problemas que demandan formas políticas de pensamiento y medios políticos. Con lo cual, la separación de la ciencia y la filosofía ha creado una imagen positiva de la autonomía de la ciencia sobre la que cabe reflexionar.

Esta autonomía de la ciencia puede referirse a una independencia respecto a los valores, la cual otorga independencia en los criterios para juzgar; una independencia respecto a la acción, que se puede ver autorizada desde una perspectiva objetivamente científica pero no desde otra perspectiva; o a una autonomía que rechaza los controles o limitaciones ejercidos por instancias externas a la propia ciencia (Agazzi, 1996). No cabe duda de que dicha autonomía conlleva aspectos positivos, puesto que refleja una libertad de investigación y acción sin la cual el progreso podría verse demasiado limitado.



Sin embargo, con los avances científicos las posibilidades de sus aplicaciones pueden ser también devastadoras, como la historia nos ha mostrado, por ejemplo, con la bomba atómica o las nefastas consecuencias medioambientales que sufre el planeta.

Lo que la filosofía aporta a las ciencias hoy en día es una reflexión socialmente realista y crítica que comienza por la idea misma que generalmente se tiene acerca de la actividad científica. Se conserva una concepción romántica de la ciencia en la que los científicos se nos presentan, tal y como hizo Oppenheimer (1989), como idolatrados seres sedientos de conocimiento, inspirados por la contemplación de la belleza del mundo natural y su orden; anhelando siempre que el poder del conocimiento sea empleado con amor hacia la humanidad.

Sin embargo, pese a que esta idealización no deja de ser un impulso para muchos científicos, dista enormemente de la realidad que los hacedores de ciencia viven en su día a día. En un extremo tenemos los ejemplos de los físicos Philipp Lenard y Johannes Stark, ganadores del premio Nóbel de física y fanáticos del régimen nacionalsocialista obrero alemán de Adolf Hitler. Estos físicos nos ponen de manifiesto la necesidad de que la comunidad científica, con el poder que alberga, contemple en su deber un sentido de responsabilidad ética que se considere implícito en la propia concepción de un sistema objetivo, racional y honesto que busca la verdad como base del conocimiento. “Pues aunque Stark y Lenard eran en efecto una minoría, muchos científicos encontraron en su profesión una justificación para eludir las cuestiones de la justicia social y la probidad: su deber era solo para con la ciencia” (Ball, 2014, p. 308). La acción científica debe gozar de flexibilidad y de autonomía para poder desarrollarse, pero es ese sentido de responsabilidad que, como dice el filósofo Agazzi (1996), “presupone la *libertad* (sólo seres libres pueden ser responsables)” (p. 374), el que evite que la visión romántica y autónoma de la ciencia nos lleve a disociar la práctica científica del contexto en el que se produce y del medio que la sustenta: la sociedad y la propia naturaleza.

Hoy en día, debido a los avances en las ciencias y sus aplicaciones, para muchos filósofos de la ciencia se torna imprescindible hacer una distinción entre ciencia y tecnociencia. Para Echevarría (2010), la tecnociencia “es una acción que modifica y transforma la <realidad> o el <mundo>, sean estos los que sean.”

(p.33). Según González García, López Cerezo, & Luján Lopez, para Mario Bunge, en cuanto a la acción, el conocimiento de la ciencia es neutral; son las aplicaciones de la ciencia y la tecnología las susceptibles de juicio moral (2000, p. 193). La ciencia ha dejado de ser algo teórico para convertirse en una acción cargada de consecuencias, y es lógico que la filosofía tome partido en una disciplina tan compleja como para abarcar teoría, conocimiento, política, acción, y reacción.

La creación y programación de robots y androides que sustituyen diferentes funciones realizadas por humanos es hoy en día una realidad que no ha hecho más que comenzar. En Tokio, en la feria Robot World 2017, se presentaron androides que trabajan de recepcionistas, limpiadores, conductores, cuidadores y profesores de inglés (Quincoces, 2017). La producción y uso de robots humanoides conlleva discusiones filosóficas que pasan por la ética con la que programar la conducta de los propios androides, el beneficio o perjuicio de sus usuarios o incluso los derechos que puedan llegar a tener los robots a medida que el desarrollo tecnológico les vaya dotando en el futuro de características cada vez más humanas. Muñoz Corcuera (2009) se llega a plantear: “¿No sería inmoral acaso el haber creado un ser a imagen y semejanza del hombre, casi humano, que compartiera sus sentimientos y pasiones, y negarle los derechos que se le reconocen a todo hombre?” (p. 687).

Aunque si la robótica es y será capaz de modificar el mundo que nos rodea, y llevarnos a dilemas éticos de gran envergadura, la genética y su cada vez más avanzada ingeniería podría llegar a modificarnos a nosotros mismos. Esto lleva a generar polémicas acerca de los límites humanos, como las que estamos experimentando ya con la reciente noticia del nacimiento de los dos bebés modificados genéticamente por el científico chino He Jiankui (Liy, 2018).

La robótica y la manipulación genética son solo algunos de los fenómenos científicos que se nos presentan cargados de polémicas entorno a la autonomía y responsabilidad de la ciencia. Como respuesta a los crecientes acontecimientos científico-tecnológicos de la sociedad actual, en los años setenta surgen los estudios CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad), en inglés “STS” (*Science, Technology and Society*, o bien *Science and Technology Studies*), que suponen una nueva manera de entender las relaciones entre

ciencia, tecnología y sociedad. Son estudios que remarcan la dimensión social de la ciencia y la tecnología rechazando una imagen intelectualista y neutral de las ciencias que no se corresponde con la realidad de nuestro tiempo. Los programas y estudios CTS desarrollan su actividad en el campo de la investigación, enfocados en una visión socialmente contextualizada de la actividad científico-tecnológica; la educación, con programas interdisciplinarios en institutos y universidades; y la política, defendiendo una participación pública activa en la gestión de la ciencia y la tecnología (González García et al., 2000).

Hemos visto cómo a lo largo de la historia las ciencias han recorrido un camino que comenzó para unos pocos “ilustrados” y afectando al “cómo” del mundo que nos rodeaba; formulando descripciones y explicaciones. El camino que recorre ahora da la oportunidad a muchas más personas de obtener conocimientos, siendo no solo capaz de explicar y demostrar, sino también de generar y transformar la realidad, e incluso el mundo que nos rodea, a una velocidad vertiginosa. Lo ideal sería encontrar la manera de conciliar para todos los ciudadanos estos tres “poderes” que envuelven las ciencias hoy en día: poder de conocimiento - poder de cambio - poder de decisión respecto a los cambios que nos afectan.

## **Conclusión**

No cabe duda de que las ciencias y la filosofía, de una forma u otra, llevan caminando juntas desde siempre. En un principio, el afán y entusiasmo de los filósofos por conocer y comprender la realidad los llevó a muchos de ellos a convertirse en científicos, aún antes de que el concepto de ciencia fuera establecido. Más adelante, fue la ciencia la que comenzó a introducirse de lleno en el ámbito de la filosofía en tanto que pasó de comprender y explicar la realidad a transformarla, modificando así la sociedad misma, e incluso generando con su actuación consecuencias en el mundo que obligan a plantearnos los propios valores sociales y personales.

Que los valores cambian a lo largo de la historia es indiscutible e inevitable, no así la permisividad con la que muchos de esos valores se han establecido al amparo del progreso científico sin el escrutinio ético de un público informado y crítico. Una permisividad enraizada en una visión errónea de que el avance

científico y las discusiones filosóficas no comparten una voluntad común, y aprovechada por intereses económicos, políticos, o personales.

Hace ya tiempo que en el ámbito pedagógico se habla de la inter y transdisciplinariedad:

Los contenidos culturales que conforman el currículum escolar venían apareciendo, con excesiva frecuencia, descontextualizados, alejados del mundo experiencial de alumnos y alumnas. Las asignaturas escolares se trabajaban aisladas unas de otras y, por consiguiente, no se facilita la construcción y la comprensión de nexos que permitiesen su vertebración, ni entre éstas y la realidad. (Torres, 1994, p. 20)

La filosofía y la ciencia deben unir sus conocimientos, su capacidad de análisis y su voluntad de comprender y proporcionar un progreso saludable para la naturaleza – humana y no humana-, y la sociedad. Las actividades científicas hace tiempo que dejaron de ser meramente teóricas y románticas, de la misma manera que hace tiempo que el conocimiento científico pasó a estar al alcance de todos (al menos de aquellos que tienen acceso a una educación).

La enseñanza de las ciencias que se proporciona desde la escuela primaria ya nos introduce en una idea de la ciencia sin historia, como algo demasiado abstracto, demasiado teórico y aislado del día a día que los estudiantes viven; su realidad más inmediata. En este sentido, Thomas Kuhn ya subrayó el papel que los libros de texto juegan en la enseñanza, imposibilitando la lectura de los textos originales de los científicos y convirtiendo a la propia ciencia en una actividad acrítica como la recibida en un seminario de teología, aunque de gran importancia para el desarrollo de la ciencia normal:

Después de todo, ¿por qué debe el estudiante de física leer, por ejemplo, las obras de Newton, Faraday, Einstein o Schrödinger, cuando todo lo que necesita saber sobre esos trabajos se encuentra recopilado en forma mucho más breve, más precisa y más sistemática en una serie de libros de texto que se encuentran al día?

Sin desear defender los extremos excesivos a que se ha llevado a veces este tipo de educación, no podemos dejar de notar que, en general, ha sido inmensamente efectivo. Por supuesto, se trata de una educación estrecha

y rígida, probablemente más que ninguna otra, exceptuando quizá la teología ortodoxa. (1984, p. 255)

Esta situación limita la capacidad de reflexión científica de los futuros ciudadanos que tendrán que vivir con las acciones y consecuencias de los progresos de la ciencia. Y no solo se trata de que la enseñanza de las ciencias sea más completa y de mejor calidad, pudiendo abarcar teoría, práctica, investigación, formación del profesorado, etc., algo que las instituciones educativas ya se han planteado, por ejemplo, con el plan AC<sup>2</sup> (Plan para la mejora de la alfabetización y la cultura científica) (Gobierno de Cantabria, 2017). Más allá de lo estrictamente científico, debemos ofrecer una educación de las ciencias que introduzca la historia y filosofía de las ciencias, a la vez que contemple sus implicaciones sociales. Fomentar la preparación de los alumnos para formar parte activa de una sociedad democrática potenciando su capacidad reflexiva y crítica es una dimensión importante de la educación. Por lo tanto, ofrecer una enseñanza de las ciencias que tenga en cuenta su dimensión humanística y filosófica se torna imprescindible para poder entender lo que es la actividad científica en su totalidad. Del mismo modo que es necesario que los alumnos de hoy sean en el futuro ciudadanos informados para poder ejercer sus derechos y deberes en las condiciones adecuadas de libertad intelectual. Ya en 1938 Henry Ernest Sigerist, profesor universitario e historiador de la medicina, exponía:

Si queremos educar a un ciudadano capaz de pensar en términos de la ciencia, así como un científico preparado para participar en la acción social, tenemos que cambiar nuestros métodos de enseñanza. Uno de ellos, y en mi opinión es la forma más prometedora, es acercarse a las ciencias no sólo técnicamente, sino histórica, filosófica y sociológicamente. (1938, p. 299)

La ciencia y la actividad tecnológica se encuentran inevitablemente vinculadas a la sociedad, la política, la economía y los valores implícitos de toda acción humana. Explicitar estos vínculos en las aulas ayudaría también a corregir patrones mentales que tienden a la tecnocracia acrítica o a la tecnofobia (Urueña-López, 2018). Estos imaginarios simplistas alzan barreras que nos separan de una visión compleja y realista de lo que es la ciencia actualmente.

Tras esta revisión de las implicaciones filosóficas de las ciencias podemos apreciar claramente que la filosofía y la ciencia no solo se han encontrado en simbiosis a lo largo de la historia, sino que siguen gozando de dicha unión. Sin embargo, desde la educación se han compartimentado estas dos disciplinas, cuyas consecuencias nos privan de proporcionar una educación completa de calidad. Nos sirve de ejemplo la prevalencia durante casi dos milenios de la física de Aristóteles, que llegó a ser hegemónica durante mucho tiempo en las universidades, aun habiendo ya por entonces otras teorías no predominantes, pero sí acertadas. No podemos seguir negando la necesidad de una educación científica unida a su filosofía cuando existen tantas evidencias sociales, científicas, políticas y éticas que demuestran el apremio de unir los dos corpus de conocimiento. La filosofía de la ciencia ha de integrarse en la educación científica con el fin de poder dotar a los alumnos de recursos, tanto en conocimientos como en estrategias de razonamiento lógico, que les permitan participar de manera informada y crítica en los debates filosóficos entorno a la actividad científico-tecnológica del presente y del futuro.

No solo nuestra visión de la ciencia se puede ver enriquecida por esta integración educativa, sino que la dimensión humanística y demás dimensiones del saber pueden así mismo integrar el razonamiento lógico del pensamiento científico como referencia en sus reflexiones, dejando de acaparar la ciencia la exclusividad de la objetividad, veracidad y racionalidad; disposiciones tan necesarias hoy en día en nuestras relaciones humanas y la resolución de conflictos.

Así mismo, el conocimiento de teorías del mundo filosófico puede aportar al alumno la capacidad de debatir, argumentar y profundizar en la semántica y la coherencia, así como aplicar estas capacidades a los razonamientos vinculados a la vida diaria. En esta vida diaria, en la que poder integrar el razonamiento científico-filosófico que fomente un análisis objetivo y profundo, no podemos dejar de hablar del entendimiento de las relaciones de convivencia o el uso de las nuevas tecnologías, cuestiones que cada vez requieren más comprensión y autorregulación por parte de los niños.

Aunque el diagnóstico de Snow sobre la posibilidad de educar a los estudiantes en la comunicación entre las dos culturas es poco optimista y no contempla que

esta educación sea universal, los objetivos planteados a continuación por el físico y escritor son hoy en día dignos de ser alcanzados:

Con buena suerte, sin embargo, podemos educar una gran proporción de nuestras mejores mentes a fin de que no ignoren la experiencia imaginativa, tanto en las artes como en la ciencia, y tampoco las dotes de la ciencia aplicada, el sufrimiento remediable de la mayoría de nuestros semejantes y las responsabilidades que, una vez conocidas, no pueden rechazarse. (Snow, 2000, p. 158)

En nuestro afán de proporcionar una educación integral, sería ideal poder combinar los saberes científicos que estudian el “cómo” con los saberes filosóficos que se plantean el “para qué”.

## Referencias

- Agazzi, E. (1996). *El bien, el mal y la ciencia. Las dimensiones éticas de la empresa científico-tecnológica*. (R. Queraltó, Trad.). Madrid, España: Editorial Tecnos.
- Al-Khalili, J. (2016). *Cuántica*. Madrid: Alianza Editorial.
- Arana Cañedo-Argüelles, J. (2016). Evolución histórica de la relación ciencia-filosofía. *Diccionario Interdisciplinar Austral*. Recuperado de [http://dia.austral.edu.ar/Evolución\\_histórica\\_de\\_la\\_relación\\_ciencia-filosofía](http://dia.austral.edu.ar/Evolución_histórica_de_la_relación_ciencia-filosofía)
- Aristóteles. (2008). *Física*. (G. R. De Echandía, Trad.). Madrid: Gredos.
- ASALE, R.-. (s. f.). Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario. Recuperado 14 de enero de 2019, de <http://dle.rae.es/>
- Asimov, I. (2002). *Breve historia de la química*. (A. Cruz & M. I. Villena, Trads.). Madrid: Alianza Editorial.
- Baillaud, B. (1912). Astronomía hasta mediados del siglo XVIII. En B. Baillaud, L. Bertrand, L. Blaringhem, E. Borel, G. Lanson, L. March, ... R. Zeiller, *Del método en las ciencias*. (pp. 9-73). Madrid: Ruiz Hnos Editores.
- Ball, P. (2014). *Al servicio del Reich. La física en tiempos de Hitler*. (J. A. Vitier, Trad.). México D.F.: Turner de México.
- Beléndez, A. (2008). La unificación de luz, electricidad y magnetismo: la "síntesis electromagnética" de Maxwell. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30(2). Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172008000200012&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1806-11172008000200012&script=sci_abstract&tlng=es)
- Berganza, I. V. (1993). Aspectos generales del pensamiento en el siglo XIV. *Anales del Seminario de Historia de la Filosofía*, 10, 195-208. Recuperado de <http://revistas.ucm.es/index.php/ASHF/article/view/ASHF9393110195A>
- Boyle, R. (1985). *Física química y filosofía mecánica*. (C. Solís, Trad.). Madrid: Alianza Editorial.



- Brans, C., & Dicke, R. H. (1961). Mach's principle and a relativistic theory of gravitation. *Physical review*, 124(3), 925. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/243700570\\_Mach's\\_Principle\\_and\\_a\\_Relativistic\\_Theory\\_of\\_Gravitation\\_II](https://www.researchgate.net/publication/243700570_Mach's_Principle_and_a_Relativistic_Theory_of_Gravitation_II)
- Collini, S. (2000). Introducción. Especialización. En C. P. Snow, H. Pons (Trad.), *Las dos culturas* (pp. 53-59). Buenos Aires, Argentina: Ediciones Nueva Visión.
- De Echandía, G. R. (2008). Introducción. En Aristóteles, *Física* (pp. 7-75). Madrid: Gredos.
- Echeverría, J. (2010). De la filosofía de la ciencia a la filosofía de la tecnociencia. *Daímon. Revista Internacional de Filosofía.*, 50, 31-41.
- Feigl, H. (1979). Origen y espíritu de Positivismo Lógico. *Teorema: Revista internacional de filosofía*, 9(3-4), 323-352. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2044514>
- Gaarder, J. (2008). *El mundo de Sofía*. (K. Baggethun & A. Lorenzo, Trads.). Madrid: Siruela.
- Gobierno de Cantabria. Decreto 27/2014, de 5 de junio, que establece el currículo de Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de Cantabria, Pub. L. No. Decreto 27/2014, 1507 (2014).
- Gobierno de Cantabria. (2017). Plan para la mejora de la alfabetización y cultura científica. Recuperado de <https://www.educantabria.es/planes/alfabetizacion-y-cultura-cientifica.html>
- González García, M. I., López Cerezo, J. A., & Luján Lopez, J. L. (2000). *Ciencia, tecnología y sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Editorial Tecnos.
- Haberer, J. (1969). *Politics and the Community of science*. Nueva York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Hawking, S. (2010). *A hombros de gigantes. Las grandes obras de la física y la astronomía*. (D. Jou, Trad.). Barcelona: Crítica.

- Hernández, L., Romero, J., & Bracho, N. (2005). Tesis Básicas del Racionalismo Crítico. *Cinta de Moebio*, (23), 193-203. Recuperado de <http://www.moebio.uchile.cl/23/hernandez.html>
- Holmes, R. (2012). *La edad de los prodigios*. España: Turner.
- Kuhn, S. T. (1984). *La estructura de las revoluciones científicas*. (A. Contin, Trad.). Fondo de Cultura Económica.
- Liy, M. V. (2018, noviembre 26). Científicos chinos aseguran haber creado los primeros bebés modificados genéticamente. *El País*. Recuperado de [https://elpais.com/elpais/2018/11/26/ciencia/1543224768\\_174686.html](https://elpais.com/elpais/2018/11/26/ciencia/1543224768_174686.html)
- LLull, R. (2002). *Libro del ascenso y descenso del entendimiento*. Barcelona: Folio.
- López Cano, J. L. (1978). *Método e hipótesis científicos*. México D.F.: Trillas.
- Mason, S. F. (2012). *Historia de las ciencias, 1* (Vol. I). Madrid: Alianza editorial.
- Muñoz Corcuera, A. (2009). Esclavos y superhombres: la ética en los relatos de Isaac Asimov. *Ensayos sobre ciencia ficción y literatura fantástica: actas del Primer Congreso Internacional de literatura fantástica y ciencia ficción*, 674-688.
- Newton, I. (2010). Principios matemáticos de la filosofía natural. En S. Hawking, E. Rada García (Trad.), *A hombros de gigantes. Las grandes obras de la física y la astronomía*. (pp. 651-1019). Barcelona: Crítica.
- Newton, S. I. (1977). Libro III, Parte I. En S. I. Newton, C. Solís (Trad.), *Óptica o tratado de las reflexiones refracciones inflexiones y colores de la luz*. (pp. 277-350). Madrid: Ediciones Alfaguara.
- Oppenheimer, J. R. (1989). *Atom and Void: Essays on Science and Community*. Princeton: Princeton University Press.
- Quincoces, A. (2017, noviembre 21). Japón exhibe a sus humanoides más punteros en Robot World 2017. Recuperado 9 de enero de 2019, de <https://www.efefuturo.com/tecnologia/japon-exhibe-humanoides-mas-punteros-robot-world-2017/>
- Sigerist. (1938). Science and democracy. *Science & Society*, 2(3), 291-299.

- Snow, C. P. (2000). *Las dos culturas*. (H. Pons, Trad.). Buenos Aires, Argentina: Ediciones Nueva Visión.
- Solís, C. (1977a). Introducción. III. Las hipótesis mecánicas de la luz. En S. I. Newton, *Óptica o tratado de las reflexiones refracciones inflexiones y colores de la luz*. (pp. XXXIII-XXX). Madrid: Ediciones Alfaguara.
- Solís, C. (1977b). Introducción. IV. Teorías contra hipótesis. En S. I. Newton, *Óptica o tratado de las reflexiones refracciones inflexiones y colores de la luz*. (pp. XXX-XLIV). Madrid: Ediciones Alfaguara.
- Torres, J. (1994). *Globalización e interdisciplinariedad: el currículum integrado*. Madrid: Ediciones Morata.
- Udías Vallina, A. (2004). *Historia de la Física De Arquímedes a Einstein*. Madrid: Síntesis.
- Urueña-López, S. (2018). La Filosofía de la Ciencia como espacio de convergencia entre la cultura científica y humanística. *Thémata. Revista de Filosofía*, 0(57), 113-132. Recuperado de <https://revistascientificas.us.es/index.php/themata/article/view/3532>
- Villar García, E. (2012). *Breve Historia de la Física: sus artífices*. Santander: Ediciones de la Universidad de Cantabria.