

## **TEMA 7: “RENACIMIENTO Y REVOLUCIÓN CIENTÍFICA”**

### **1. INTRODUCCIÓN.**

### **2. LA FILOSOFÍA RENACENTISTA.**

- 2.1. Contexto histórico, cultural y filosófico.
- 2.2. El Renacimiento humanista y la revolución científica.
- 2.3. El Paradigma Mágico-Natural.

### **3. LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA.**

- 3.1. Introducción.
- 3.2. La Revolución Copernicana.
  - 3.2.1. Evolución de la Astronomía hasta el Renacimiento.
  - 3.2.2. La Revolución Copernicana: críticas a la astronomía anterior.
  - 3.2.3. El universo copernicano.
- 3.3. Evolución posterior: repercusiones de la revolución copernicana.
  - 3.3.1. Giordano Bruno.
  - 3.3.2. Johannes Kepler.
  - 3.3.2. La astronomía galileana.
- 3.4. La Nueva Física Galileana.
  - 3.4.1. Problemas que se le presentaban a la física aristotélica.
  - 3.4.2. La física aristotélica y la física galileana.
  - 3.4.3. La dinámica galileana.
  - 3.4.4. Conclusiones.

### **4. EL PROBLEMA DEL MÉTODO EN LA CIENCIA Y FILOSOFÍA MODERNAS.**

- 4.1. El criterio de verdad y el método de la Escolástica.
- 4.2. Respuestas de la filosofía moderna ante la crisis de fundamentos de la Escolástica: el método científico.
  - 4.2.1. Francis Bacon y el inicio del empirismo.
  - 4.2.2. Galileo y el método experimental.
  - 4.2.3. Descartes y el inicio del racionalismo.

## 1. Introducción:

El **pensamiento renacentista** se ve enmarcado por la **crisis del sistema escolástico** y el **intento de recuperar el pensamiento antiguo**. En este pensamiento el **ser humano ocupa el centro de reflexión e interés**, lo que hace que se considere al Renacimiento como un **período antropocéntrico**. Además, ofrecerá nuevos planteamientos en los terrenos de la **política, la religión y la ciencia**.

El **Renacimiento humanista** concibe la Edad Media como una “época de tinieblas” y su admiración hacia la cultura greco-romana le lleva al **intento de volver al universo cultural de la Antigüedad clásica**. Se trata de recuperar sus obras y traducirlas lo más fielmente posible, no sólo las menos conocidas de Platón o Aristóteles, sino también las de otros autores y corrientes, como las del helenismo o la ciencia alejandrina, que habían estado olvidadas o directamente censuradas. Sin embargo, se acabará rompiendo con todo tipo de autoridad intelectual, sea ésta la de Platón, Aristóteles o los pensadores cristianos, reivindicándose una **autonomía de pensamiento** que va a definir a toda la filosofía moderna posterior.

En el terreno de la **filosofía política** destaca **Maquiavelo** (1469- 1527), quien funda el pensamiento político moderno al describir la conducta efectiva de los reyes y príncipes renacentistas, mostrando cómo hay gobernantes que no tienen escrúpulos y que usan cualquier medio para garantizar la finalidad que más les conviene. El interés por la organización y el funcionamiento de la sociedad hace resurgir también la **literatura utópica**, es decir, las descripciones de sociedades imaginarias más o menos felices y sin discriminaciones.

En el terreno de la **religión** el hecho fundamental es la aparición y difusión de la **Reforma protestante** y de otras confesiones cristianas enfrentadas entre sí. Frente a la jerarquización y unidad eclesiástica de épocas anteriores, se plantea ahora la necesidad de retornar a los orígenes del cristianismo.

En el terreno de la **ciencia** se produce la **revolución científica**, que, dada su importancia y repercusión en toda la filosofía moderna, abordaremos de modo separado en otro apartado.

## 2. LA FILOSOFÍA RENACENTISTA.

### 2.1. Contexto histórico, cultural y filosófico.

El mundo que vivimos hoy los países industrializados, centrado en las conquistas de la técnica y el culto al individuo, tuvo sus raíces más inmediatas en los acontecimientos que tuvieron lugar en el inicio de la Edad Moderna. Y, justamente, los historiadores de la cultura han considerado siempre que, entre el mundo medieval y el moderno, hay que situar un período de revitalización cultural, antesala de la modernidad, conocido con el nombre de “Renacimiento”.

Para situarnos mejor en el espacio y en el tiempo, hay que decir que la Edad Media terminó alrededor de 1400, cuando tienen lugar las crisis de los dos grandes poderes que habían sostenido el mundo medieval: el papado y el imperio. En efecto, el Cisma de Occidente supuso la división parcial del cristianismo y la consecuente decadencia del poder papal, desmoronándose, al mismo tiempo, el Imperio Cristiano

## Renacimiento y Revolución Científica

---

Occidental, que había compartido con el papado el poder político durante la última época de la Edad Media. Europa se fragmenta en Estados, que se organizan desde el supuesto de la igualdad jurídica entre ellos, superando así la idea medieval de la jerarquía entre Estados, bajo el dominio del Papa y el Emperador.

Asistimos, pues, políticamente a la aparición de las monarquías nacionales (o Estados-nación) en Francia, España (con los Reyes Católicos) e Inglaterra, organizadas bajo la fórmula del absolutismo político. Económicamente, estos nuevos Estados nacionales se sostienen por los préstamos de una burguesía financiera y comercial que cada vez tiene más influencia en la sociedad. Además, hay un importante desarrollo del comercio, tomando la ciudad el protagonismo que antes tenía el ámbito rural.

El mundo europeo se amplía geográficamente con los descubrimientos del nuevo mundo, y, religiosamente, Europa abandona la unidad de la fe cristiana propia de la época medieval, pues en este período tiene lugar la Reforma de Lucero y Calvino, que crean las bases del siglo XVII, un siglo repleto de tensiones, crisis y guerras de religión.

Culturalmente, los cimientos del mundo moderno se ponen en el Renacimiento, que supuso una profunda renovación del saber y de la cultura en torno a dos soportes fundamentales: el Humanismo y la ciencia.

Así pues, el desarrollo del Renacimiento coincide con un período de profundos cambios en toda Europa: el paso del feudalismo al capitalismo, de la cristiandad medieval a la Reforma y a la Contrarreforma, de la vida rural a la vida urbana, y otras transformaciones de inmensa trascendencia, que se acompañaron de un florecimiento cultural en las artes, la ciencia, la técnica y la filosofía.

“Renacimiento” significa, literalmente, “volver a nacer”, en el sentido general de renovación espiritual del hombre en su conjunto. Pero también el término incluye la acepción de “vuelta a los clásicos”, sobre todo a los griegos. Además, supone un renacer con el significado de “redescubrimiento de la personalidad”.

Con el Renacimiento comienza el culto a la personalidad, al hombre de genio. Se trata de la personalidad del individuo moderno, que se reivindica a sí mismo frente al mundo y frente a Dios. Así, frente a la **concepción teocéntrica** de la Edad Media, en el Renacimiento se impondrá una **concepción antropocéntrica**: el ser humano se halla en el centro de las preocupaciones filosóficas y culturales de la época; ser humano que, por encima de su destino sobrenatural, es dueño de sus acciones

Todos los renacentistas consideran la Edad Media como una época de oscuridad y barbarie que hay que destruir volviendo la vista al pensamiento clásico. Así, el **Humanismo**, como fenómeno cultural que se desarrolla sobre todo en Italia, tuvo un significado educador o pedagógico. Se trataba de configurar una nueva educación basada en los valores de la individualidad, la relación armoniosa con la Naturaleza y el universalismo cultural, no exenta de un cierto aire hedonista, que fomentaba el goce de vivir y la recuperación del cuerpo como centro de placer y belleza.

Esta educación buscaba sus fuentes principales en el mundo clásico, por lo que la lengua y la literatura grecorromanas constituían las bases del proyecto pedagógico de los humanistas. Y esto fue favorecido por el hecho histórico de la caída de Constantinopla, que desplazó a Occidente a los sabios griegos y sus textos, los cuales se abordaron sin los prejuicios propios de la época medieval.

## Renacimiento y Revolución Científica

---

A consecuencia del interés y entusiasmo suscitado por la literatura grecorromana, la fase humanista del Renacimiento inspiró la resurrección de la filosofía antigua en sus diversas formas y escuelas. De aquellas filosofías revividas, una de las más influyentes fue el neoplatonismo, iniciado en la Florencia de los Médicis con figuras tan importantes como Marsilio Ficino y Pico de la Mirandola. Y, tras los neoplatónicos, el Humanismo renacentista se dedicó después a la revitalización de otros autores clásicos, como Aristóteles, y de corrientes de pensamiento como el estoicismo, el epicureísmo y el escepticismo.

La expansión del Humanismo por Europa se sirvió, sobre todo, de la imprenta, que facilitó enormemente la circulación de los textos clásicos, creando las condiciones para su intercambio frecuente entre los intelectuales humanistas, además de para la circulación constante de nuevas ideas y saberes. Así, las bases de un mundo profundamente interconectado, que es uno de los rasgos de nuestro tiempo histórico, se gestaron en el Renacimiento, si bien este hecho quedaba limitado a las élites intelectuales, y no a las masas, como ocurre hoy gracias al poder de los medios de comunicación e Internet.

Resumiendo, el pensamiento renacentista se ve enmarcado por la crisis del sistema escolástico y el intento de recuperar el pensamiento antiguo. Además ofreció nuevos planteamientos en el terreno de la **política**, la **religión** y la **ciencia**:

1. En el terreno de **la política** sobresale **Maquiavelo** (1469-1527), quien, con su obra *El Príncipe*, funda el pensamiento político moderno al describir la conducta efectiva de los reyes y príncipes renacentistas, mostrando cómo hay gobernantes que no tienen escrúpulos y usan cualquier medio para garantizar la finalidad que les conviene. El interés por la organización y el funcionamiento de la sociedad hace resurgir la **literatura utópica**, es decir, las descripciones de sociedades imaginarias más o menos felices y sin discriminaciones. Destacan aquí **Tomas Moro** (*Utopía*), **Campanella** (*La ciudad del sol*) y **Francis Bacon** (*La nueva Atlántida*).
2. En el terreno de **la religión** el hecho fundamental es la **Reforma protestante**, encabezada por **Lutero y Calvino**. Este hecho acentúa la *fragmentación de la unidad religiosa europea*, apareciendo diversas confesiones cristianas enfrentadas. Ante a la jerarquización y unidad eclesiástica de épocas anteriores, se plantea la necesidad de retornar a los orígenes del cristianismo. Se protesta contra el Papa y la riqueza de la Iglesia. Se defiende una *lectura de la Biblia personal y no dogmática*, así como la idea de la *predestinación*. Son *más tolerantes con la ciencia* que los católicos.
3. En el terreno de **la ciencia** se produce la **revolución científica**, que abordamos en el siguiente apartado.

## 2.2. El Renacimiento Humanista y la revolución científica.

El **Renacimiento humanista** ve en el medievo una Edad de Tinieblas y su admiración hacia la cultura greco-romana le lleva al **intento de volver al universo cultural de la antigüedad clásica**. Se trata de recuperar sus obras y traducirlas lo más fielmente posible, no sólo las menos conocidas de Platón o Aristóteles, sino también las de otros autores y corrientes, como las del helenismo o la ciencia alejandrina, que habían estado olvidadas o censuradas. Sin embargo, se acabará rompiendo con toda autoridad intelectual, sea la de Platón, Aristóteles o la de los pensadores cristianos.

El Renacimiento de las letras y las artes **no es un ideal de ciencia, sino un ideal de retórica encarnado por el artista y el erudito**, que no tiene precisamente la mentalidad del científico. Se caracteriza por **tres rasgos**:

### 1. Afán de conocer: acumulación de datos.

- Acumulación de hechos y saber, grandes descubrimientos y viajes.
- Traducciones y ediciones de las obras clásicas, que servirán más adelante, entre otras cosas, para las diversas facetas de la revolución científica.

### 2. La verdad está en los clásicos.

Es una época en muchos aspectos poco crítica: *la lectura del pasado se realiza de forma descontextualizada y se manipula arbitrariamente según los intereses de cada uno*. Se pide a los antiguos que proporcionen hechos. Estos hechos tienen el mismo valor que lo observado en la naturaleza.

### 3. Reacción contra el intelectualismo aristotélico-escolástico.

Nace de una reacción contra el intelectualismo aristotélico-escolástico, aunque éste *sigue predominando en la cultura universitaria*. Se va a buscar a la antigüedad los elementos o datos que puedan corregir o contradecir a Aristóteles. *Se recuperan progresivamente las otras escuelas griegas como el epicureísmo, el escepticismo, etc.*

Su gran enemigo es esta síntesis tomista y su gran labor es su destrucción: el vacío que deja la crítica de la ontología, la metafísica y la física aristotélica va a dar paso a un nuevo modelo de interpretación de la naturaleza. El lema de éste es: "Todo es posible", ya que se considera que todo sucede en virtud de la *acción de fuerzas sobrenaturales o la naturalización mágica de lo maravilloso*. Es por ello que este nuevo modelo se denomina "**Mágico-naturalismo**".

## 2.3. El Paradigma Mágico-Natural.

La **magia, alquimia, astrología y ciencias ocultas** dominan y fundamentan la visión del mundo. Todo el ámbito del Ser está animado por fuerzas prodigiosas. Lo material y lo espiritual, lo natural y lo prodigioso se mezclan y unen.

Su ideal de **científico se identifica con el mago**: aquél que capta las analogías que atraviesan la cadena del Ser. Ese será el que pueda dominar su entorno y canalizar los influjos astrales.

El hombre ocupa el lugar central del universo: aparece un conflicto entre el determinismo natural-astral y la idea de libre albedrío cristiana.

# Renacimiento y Revolución Científica

---

Este paradigma domina hasta el siglo XVII y en él se educan Copérnico, Kepler, Giordano Bruno y Tycho Brahe. Galileo apenas si lo menciona y, cuando lo hace, es con desprecio. Sólo personajes de segunda fila lucharán contra estas supersticiones.

☛ La revolución científica se desarrollará al margen del espíritu renacentista; sin embargo, sin la labor de destrucción de la síntesis aristotélica-tomista que llevó a cabo el pensamiento renacentista, aquélla hubiera sido imposible.

## 3. LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA.

### 3.1. Introducción.

La Revolución científica fue un largo proceso creativo que supuso una transformación profunda en tres campos distintos: la imagen del universo (por obra de la nueva Astronomía), la concepción de la ciencia y la metodología científica.

Así, en primer lugar, la nueva imagen del universo supuso una ruptura con la cosmología aristotélico-ptolemaica, imperante durante toda la Edad Media. En esta cosmología los rasgos más significativos eran los siguientes.

- **geocentrismo:** el centro de la tierra coincide con el centro del universo.
- **esfericidad del universo:** el universo es finito y está ocupado por esferas transparentes de éter, en cuyo interior se encuentran los astros.
- **heterogeneidad del universo:** el cosmos se divide en dos regiones diferentes, el mundo supralunar (perfecto e incorruptible, donde los astros se mueven en esferas circulares y con movimientos constantes y uniformes), y el mundo sublunar (compuesto por los cuatro elementos y dotado de movimientos que tienden a buscar el lugar natural de cada elemento).

A partir del Renacimiento, esta imagen se va convirtiendo en la de un *universo* formado por los mismos componentes y regido por las mismas leyes, donde la Tierra no es más que uno de los innumerables cuerpos del espacio.

El cambio de perspectiva en la ciencia vino de la mano del avance en dos áreas de estudio que durante la Edad Media sufrieron una gran transformación: la **astronomía** y la **mecánica**. Respecto a la primera, Copérnico, Kepler y Galileo cambiaron de manera radical nuestra imagen del universo. Respecto a la segunda, se avanzó enormemente en el análisis de la caída y movimiento de los cuerpos. Así, uno y otro campo, geometría celeste y mecánica, quedaron fundidos por Newton a finales del siglo XVII con su “teoría de la gravitación universal”.

Así, resumiendo, podemos afirmar que la Revolución científica de los siglos XVI- XVII quiebra la visión científica que, fundamentada en la filosofía de Aristóteles, se había tenido hasta entonces, proporcionando:

1. **una nueva imagen del Universo y de la Naturaleza.** Hay dos grandes cambios: en el terreno de la **Cosmología** se produce la eliminación de la visión geocentrista y se la sustituye por la heliocentrista; y en el terreno de la **Física** se supera la física aristotélica. Los protagonistas del primer cambio son, fundamentalmente, **Copérnico y Kepler**, y el del segundo, **Galileo Galilei**. Al

# Renacimiento y Revolución Científica

---

final del siglo XVII la física de **Isaac Newton** (1642- 1714) completa la revolución científica y consolida el método de la ciencia moderna.

2. **un nuevo método científico.** No sólo supone una nueva teoría científica y filosófica, también supone un nuevo método científico: **el método experimental**, en el que tendrán un papel decisivo el valor que se le dará a la **experimentación y la aplicación de las matemáticas a la física.**

De esta manera, junto al modelo aristotélico (organicista- biologista) y al modelo mágico- natural, que, en gran parte, se utilizó durante el Renacimiento, se constituirá un nuevo modelo de interpretación de la Naturaleza que, a la larga, será el que se impondrá en toda la ciencia moderna. Es el modelo que propugnan los impulsores de la revolución científica: **el modelo mecanicista.**

## 3.2. La Revolución Copernicana.

### 3.2.1. Evolución de la Astronomía hasta el Renacimiento

En la **Antigüedad griega**, todos los filósofos y científicos defienden como *única teoría válida la que afirmaba una Tierra geocéntrica y geoestática*, excepto:

1. algunos *seguidores de los pitagóricos* como *Hicetas y Heráclides* -que defienden el movimiento de rotación- o *Filolao* -que defiende el movimiento de traslación en torno al Altar de Zeus.
2. *Aristarco de Samos* (s. III a. C.), que es el único heliocentrista.

A pesar de estas teorías, que iban, además, en contra de la física y el sentido común de la época, la visión dominante era la que mantenía la inmovilidad de la Tierra. Desde esa perspectiva dominante se planteaban, además, argumentos en contra de ambos tipos de movimiento:

- *Argumentos físicos*: se basaban en los posibles efectos que tendría la fuerza centrífuga, planteando interrogantes como ¿por qué no quedan atrás los objetos no solidarios con la Tierra, como las nubes, los pájaros, el aire...?, ¿qué motor mueve la Tierra?, y, si la Tierra no está en el centro, ¿por qué caen los cuerpos hacia su interior?

- *Argumentos metafísicos*: la Tierra, lugar del cambio y la imperfección, no puede ser equiparable a un cuerpo celeste, cuya característica es la perfección y la regularidad.

Aún así, había hechos observables que contradecían la teoría astronómica dominante tales como la retrogradación de los planetas (ya que parecía que éstos no giraban en círculos perfectos sino en bucles), que su velocidad no era uniforme y que cambiaban de brillo (lo que era interpretado como un alejamiento o acercamiento de su posición respecto a la Tierra).

Teniendo en cuenta las reflexiones cosmológicas de filósofos y científicos anteriores, **Aristóteles** elaboró un sistema astronómico coherente y completo. Este sistema, aunque en el ámbito *explicativo* era una buena respuesta, no lo era así a nivel *predictivo*, pues los errores y contradicciones que antes comentábamos se mantenían. Además, hay que tener en cuenta que los *errores de predicción* afectaban también a sus aplicaciones

## Renacimiento y Revolución Científica

---

prácticas, que, en esta época, eran, sobre todo, la *confección de los calendarios y su utilización en la agricultura y la navegación*.

**Durante la época helenística**, y con el fin de poder resolver estos fallos en las predicciones, varios astrónomos, como Apolonio (s. III a. C.), Hiparco (s. II d. C.) y Ptolomeo (s. III d. C.), inventan unos recursos matemático-geométricos que les permiten afinar más los cálculos, aunque siempre de manera insatisfactoria. Estos recursos, denominados el “sistema de epiciclo-deferente” y el “ecuante”, pretenden, además, explicar los fenómenos que contradecían la teoría, pero sin violar los dogmas platónicos de la circularidad y la uniformidad. Estos recursos se irán haciendo cada vez más complejos sin acabar de resolver completamente el problema. De todos modos, estas aportaciones se unieron al sistema cosmológico aristotélico, dando lugar a la denominada “astronomía aristotélico-ptolemaica”, que es el modelo contra el que se irá perfilando la revolución científica.

En el **pensamiento cristiano**, entre los siglos V y XII, hay un fuerte retroceso, volviendo a una cosmología de carácter pseudomítico, basada en algunos pasajes de la Biblia. Se considera que la ciencia es un saber inútil, una peligrosa distracción. En las Escrituras están todos los saberes necesarios para la salvación.

Del siglo XIII en adelante, la cosmología aristotélica, cristianizada por Tomás de Aquino y Dante (*La Divina Comedia*), se convierte en el dogma de fe de la Iglesia; por lo tanto, criticarla es criticar el orden divino, ir en contra de las Escrituras. Esto nos ayuda a entender por qué se persiguieron después con tanto ahínco las nuevas ideas astronómicas y cosmológicas, ya que fueron consideradas “herejías” dignas de castigos ejemplares.

En la época de apogeo del **movimiento humanista** (siglos XV-XVI), los autores humanistas se dedican, fundamentalmente, a recuperar cosmologías más antiguas y a eliminar los errores de traducción que persistían en las ya traducidas.

En definitiva, a favor de la teoría geocéntrica se daban los siguientes factores:

- los movimientos de los planetas podían seguirse con la misma corrección tanto con el sistema geocéntrico como con el heliocéntrico, lo cual hacía innecesario recurrir a este último.
- los sentidos nos dan a entender que nos encontramos sobre un suelo firme y en reposo, mientras que el resto de los astros, incluido el Sol, se mueven en el firmamento.
- sobre la base del testimonio de nuestros sentidos, se había edificado una filosofía de origen aristotélico cuyo valor y autoridad eran difíciles de rebatir y criticar.
- si la Tierra se moviese y lanzásemos un objeto hacia lo alto, éste debería caer a cierta distancia (bien a la derecha o a la izquierda del lugar de donde había sido lanzado), y, sin embargo, cae donde lo lanzamos; de este hecho se deducía que la Tierra no se movía.
- si la Tierra se moviese, su traslación provocaría un desplazamiento anual de las estrellas, hecho que no es captado por los sentidos.



## 3.2.2. La Revolución Copernicana: críticas a la astronomía anterior.

Repasando los textos antiguos, recupera la teoría pitagórica (Filolao). Hay que tener en cuenta los *factores extracientíficos y metafísicos* que le impulsan a defender la nueva teoría, con ideas pitagóricas y neoplatónicas que identifican al Sol con la luz y el conocimiento.

En 1543 escribe *De Revolutionibus orbium coelestium* (“De las revoluciones de los cuerpos celestes”), donde expone abiertamente un sistema heliocéntrico así como las bases para su demostración, la cual viene exigida por la misma estructura de la astronomía así como por la necesidad de proporcionar soluciones al problema de los errores de cálculo en la confección del calendario.

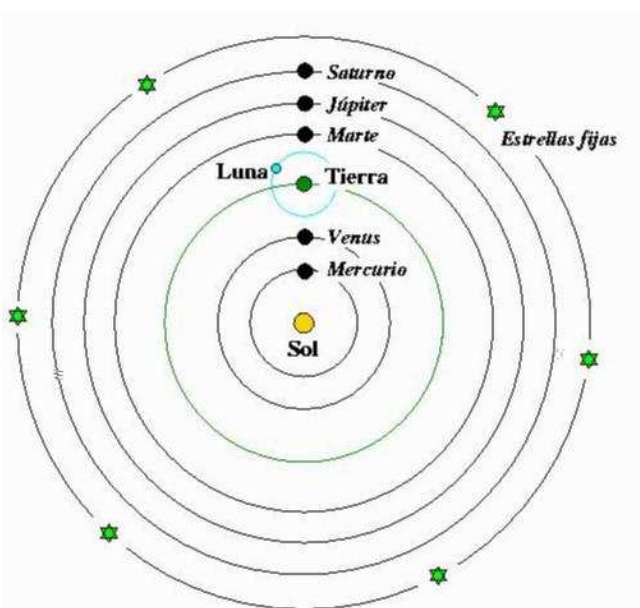


De este modo, Copérnico pretende unir la *intención realista* (cosmología) con la *necesidad de eficacia predictiva* (como ocurría en el caso de Ptolomeo). Sin embargo, el editor del libro, Lucas Andreas Osiander, por miedo a la ira de los teólogos, lo presenta como un libro *fenomenista*, es decir, no pretendiendo ser un reflejo real del funcionamiento del universo, sino un simple método predictivo.

Copérnico afirma que el sistema astronómico al que se ha llegado es monstruoso e irracional, y, además, es inexacto y utiliza el ecuante, que viola los dogmas platónicos del movimiento celeste. Así pues, mantiene que todos *los errores provienen del geocentrismo*. Por el contrario, *el heliocentrismo* simplifica los cálculos, es más exacto y, además, nos proporciona un *modelo de universo perfectamente ordenado*.

## 3.2.3. El universo copernicano.

El sistema defendido por Copérnico puede resumirse en las siguientes tesis:



## Renacimiento y Revolución Científica

---

- el centro de la Tierra no es el centro del universo, sino sólo el centro de gravedad y de la esfera lunar.
- todas las esferas giran en torno al Sol, el cual está en el centro del universo.
- lo que aparece ante nosotros como movimiento del Sol no es ocasionado por éste, sino por el movimiento de la Tierra, con la cual giramos alrededor del Sol como cualquier otro planeta más.
- admite, al igual que Aristóteles, la existencia de la última esfera de las estrellas fijas, pero afirma que se encuentra quieta y los que giramos somos nosotros.
- la Tierra tiene tres movimientos: alrededor del Sol (traslación), sobre su propio eje (rotación) y un tercer movimiento consistente en un pequeño cambio de dirección de su eje (declinación).
- La Luna, a su vez, gira en torno a la Tierra.

Las ventajas que ofrece este modelo, frente al geocéntrico, pueden resumirse, a su vez, en las siguientes:

1. *La uniformización:*
  - a) La *duración del recorrido de cada planeta* está en relación con su distancia al Sol.
  - b) No se pueden cambiar las órbitas independientemente.
  - c) Homogeneización del universo: todo se explica con las mismas leyes, *se elimina la dualidad entre el mundo sublunar y el mundo supralunar.*
2. *Elimina el fenómeno de retrogradación:* es sólo un efecto óptico.
3. *La esfera de las estrellas fijas es inmóvil:* es más fácil que se mueva el contenido que no el continente. Ahora pasa a ser el fondo, el punto de referencia.

Copérnico, además, superó las objeciones que se habían formulado contra la posibilidad de que la Tierra se moviese:

- así, ante la pregunta de cómo se puede mover la Tierra, respondió que lo hacía de forma análoga a como lo hacen otros cuerpos celestes, ya que es un cuerpo celeste más.
- ante la objeción de por qué no estalla la Tierra en su movimiento debido a la fuerza centrífuga, alegó que era más probable que estallara la esfera de las estrellas fijas si se moviera, pues su tamaño es muy superior al de la Tierra.
- finalmente, ante la pregunta de por qué no se quedan atrás los objetos no solidarios con la Tierra, Copérnico respondió a través de una comparación: así, al igual que ocurre en una embarcación durante su desplazamiento, los objetos participan del movimiento de la Tierra, son arrastrados por ella.

En definitiva, si valoramos las aportaciones de Copérnico, nos encontramos ante un astrónomo plenamente imbuido de los ideales renacentistas, ya que ni es ptolemaico ni aún definitivamente moderno, pues su modelo astronómico realiza innovaciones al mismo tiempo que conserva elementos del modelo aristotélico-ptolemaico. Veámoslas a continuación:

➤ **Aporta:**

- ✓ Unifica el mundo sublunar y el supralunar: *rompe la dualidad de mundos*.
- ✓ *Plantea la necesidad de una nueva física* al no estar ya la Tierra en el centro del Universo.
- ✓ Entiende que el comportamiento de la naturaleza puede captarse mediante elementos matemáticos simples.

➤ **Mantiene:**

- ✓ La finitud del universo (aunque la amplía en 2.000 veces).
- ✓ Los dogmas platónicos del movimiento celeste: circularidad y uniformidad.
- ✓ Las esferas cristalinas homocéntricas.
- ✓ El sistema de epiciclo y deferente.
- ✓ La distinción entre movimiento natural (circular) y movimiento violento (rectilíneo).

### 3.3. Evolución Posterior: repercusiones de la revolución copernicana.

Las teorías de Copérnico, en un primer momento, no son condenadas, pero, a partir de principios del siglo XVII, cuando empiezan ya a ser más conocidas y admiradas, son perseguidas por la Iglesia.

Sin embargo, otros astrónomos profundizarán en su sistema y lo mejorarán, ya que la brecha abierta por Copérnico en el modelo astronómico clásico no fue sino la punta de lanza de una auténtica revolución, cuyas consecuencias cambiaron el mundo en los siglos venideros.

#### 3.3.1. Giordano Bruno (1.548-1600).

Intuyó que la nueva astronomía debía abandonar la concepción de un mundo cerrado y finito para sustituirla por la de un *universo abierto e infinito*. Esto implicaba negar las nociones de “lugares naturales” y de los movimientos naturales y violentos descritos por Aristóteles.

Según Bruno, el universo es infinito, eterno y homogéneo. Al ser infinito, hay que desechar la esfera de las estrellas fijas circundante; al ser indiferente a la materia que pueda contener, puede contar con muchos mundos como el nuestro, ya que, al igual que el sol tiene sus planetas, las otras estrellas pueden tener también los suyos. Por ser homogéneo, está sometido a las mismas leyes en todos sus lugares.

Las geniales ideas de Bruno no tuvieron la misma repercusión que las de otros astrónomos, como Kepler o el mismo Copérnico. La ciencia siguió el camino del mecanicismo y de la matematización de lo real, que Bruno no adoptó a favor de una explicación finalista. Pero sus ideas chocaban frontalmente con la concepción oficial de la Iglesia, que había hecho de la física y astronomía aristotélicas una especie de dogma oficial. Esta heterodoxia le convirtió en un mártir de la ciencia, ya que fue condenado a la hoguera por la Inquisición (y ello a pesar de las profundas convicciones religiosas de

## Renacimiento y Revolución Científica

Bruno, que, por ejemplo, afirmaba que el universo es la manifestación visible de Dios, lo que justifica su estudio y conocimiento).

### 3.3.2. Johannes Kepler (1.571-1.630).

En sus investigaciones astronómicas, se basó en las cuantiosas mediciones realizadas por el astrónomo polaco Ticho Brahe (1.546-1601), las cuales habían puesto en entredicho el mundo supralunar aristotélico como sede de la perfección e inmutabilidad.



Si los planteamientos de Copérnico se caracterizaban por su enorme sencillez y simplicidad (y, fundamentalmente, por considerar que Dios había creado el universo con una estructura matemática); Kepler aceptó incondicionalmente el modelo copernicano, lo cual le llevó a dar prioridad a la razón frente a los sentidos, ya que la aceptación de tal modelo conllevaba una negación del testimonio de los sentidos, que parecen mostrarnos que la Tierra no se mueve.

Así, intentando entender los movimientos de Marte –incomprensibles si se seguía manteniendo el carácter circular de los movimientos planetarios en torno al Sol-, consideró la posibilidad de un movimiento planetario que no fuera ni uniforme ni circular, rompiendo así con los dogmas platónicos del movimiento.

De este modo, Kepler formuló tres leyes de carácter matemático para explicar mejor los movimientos de los planetas, de las cuales exponemos las dos más importantes:

- las órbitas de los planetas en torno al Sol son **elípticas**, con el Sol en uno de los focos de la elipse. Esta ley rompía con uno de los fundamentos de la astronomía antigua y medieval, mantenido incluso por Copérnico: la circularidad de las órbitas celestes.
- la línea imaginaria que une el centro de un planeta y el Sol barre áreas iguales en tiempos iguales, lo que implica que la **velocidad de un planeta en su viaje alrededor del Sol no es constante**, sino mayor o menor en función de su distancia al Sol. De este modo, otro principio esencial de la astronomía anterior es negado: el de la uniformidad de los movimientos celestes.

Kepler estaba muy influido por el pitagorismo y el platonismo, sintiendo verdadera devoción por la geometría. Por ello defiende que el universo es finito, ya que la idea de limitación iba unida a la geometría desde los pitagóricos, y ahí que conservara, en su modelo astronómico, la esfera de las estrellas fijas. Incluso, para llegar a la idea de las órbitas elípticas, no sólo tuvo que luchar contra el aristotelismo, sino también tuvo que vencer su íntima admiración por formas geométricas perfectas.

No obstante, es considerado un científico plenamente moderno porque, al igual que hará Galileo, formuló sus descubrimientos en un lenguaje matemático.

### 3.3.3. La astronomía galileana.

Galileo Galilei (1.564-1.642) es contemporáneo de J. Kepler y, como él, copernicano convencido. Es la figura científica fundamental de este momento histórico y el que definitivamente acabará con el modelo astronómico y científico anterior. Así, sus trabajos en el campo de la astronomía tenían como objetivo básico el poder demostrar la teoría copernicana.

En su obra *Siderus Nuncius* (1.610) Galileo anunció los descubrimientos que siguieron a su observación del cielo con el telescopio que él mismo había construido. En manos de Galileo, el telescopio deja de ser un mero juguete de entretenimiento para convertirse en un **instrumento de investigación científica**, lo cual prueba la audacia y el talento experimental de la investigación galileana. La originalidad de Galileo reside en dirigirlo al cielo y entender el instrumento como una prolongación de la capacidad de los sentidos humanos. Así, con el telescopio Galileo puedo observar o descubrir lo siguiente:

- **nuevas estrellas**, lo que demostraba, por un lado, que el número de astros de la astronomía aristotélico-ptolemaica era incorrecto, y que Dios no había puesto allí esas estrellas para disfrute del ser humano (pues muchas no se veían sin ayuda del telescopio). A pesar de este descubrimiento, Galileo no dio el paso de afirmar la infinitud del universo. Ya fuera por seguir a Copérnico o por temor a la Inquisición (visto el ejemplo de Bruno), afirmaba que el universo era limitado.
- **aspecto terráqueo de la Luna**, que no es una esfera cristalina y perfecta de éter. En ella, a través del telescopio, también podemos observar montañas y valles. Este hecho venía a apoyar, además, la uniformidad del cosmos: no tenía ya sentido seguir manteniendo la distinción aristotélica de mundo sublunar y supralunar.
- **manchas en el Sol**, que confirmaban lo anteriormente dicho y negaban la supuesta perfección e inmutabilidad de los astros.
- **los satélites de Júpiter**: descubre cuatro y los bautiza con el nombre de “planetas mediceos”. Este descubrimiento venía a probar que la Tierra no era el centro de todas las demás órbitas celestes, y constituía otro golpe mortal para el aristotelismo.
- **Las fases de Venus**, que demostraban que este planeta gira en torno al Sol.

Las consecuencias de la difusión de estos descubrimientos fueron especialmente dolorosas para Galileo, que casi pasó a convertirse en el segundo mártir de la causa científica. Así, en 1622 es perseguido por defender el heliocentrismo. La Iglesia, dado que la teoría de Galileo iba en contra de sus ideas astronómicas y con el claro propósito de tomar una medida de fuerza ejemplarizante, prohíbe en 1.633 su obra, lo encarcela y le obliga a abjurar públicamente de sus teorías.

A pesar de estos hechos, la revolución científica era ya un fenómeno casi consolidado en el ámbito científico. Será, finalmente, Newton (1.642-1727) quien proporcione coherencia a todo el nuevo sistema astronómico a través de su *ley de gravitación universal*.

Pero esta nueva astronomía no hubiera sido posible sin un cambio en la concepción de la ciencia antigua. Este cambio se centró, sobre todo, en **la matematización total de los fenómenos observados en la Naturaleza**, a tono con la visión de los pitagóricos y platónicos. De este modo, **espacio y tiempo**, concebidos de manera matemática, son dos conceptos fundamentales, pues el espacio físico se identifica con el espacio geométrico y el tiempo se representa como una realidad medible y expresable también geoméricamente.

La matematización de los fenómenos físicos dio lugar a una **visión mecanicista del Universo**, frente al modelo organicista de la ciencia aristotélica. Esta explicación mecanicista analiza el Universo a partir de la existencia de **la materia**, que puede medirse, y del **movimiento**, que también está sujeto a cálculo. Así, el Universo se considera algo similar a una máquina, como, por ejemplo, el reloj, que era considerado entonces la más perfecta de las máquinas conocidas. En una concepción de este tipo se prescinde totalmente de analizar los objetivos o supuestos fines (*teleologismo*) que existen en la naturaleza, volviendo, pues, a un modelo similar al de los atomistas griegos.

## 3.4. La Nueva Física Galileana.

### 3.4.1. Problemas que se le presentaban a la física aristotélica.

Había de dos tipos, los derivados de:

1. **El cambio cosmológico: el heliocentrismo.** Si la Tierra ya no está en el centro, toda la teoría del lugar natural ya no tiene sentido. Conceptos como “arriba” o “abajo” quedan desfasados y son cambiados. Además, la idea de que los graves caen hacia el centro del universo ya no sirve.
2. **Las insuficiencias de la propia física aristotélica.** Era incapaz de dar una explicación satisfactoria de:
  - a. El **movimiento violento**: cómo puede continuar el movimiento cuando, en ocasiones, no sigue el contacto entre la fuente del movimiento -motor- y el objeto -móvil-.
  - b. La **caída de los graves**: por qué se aceleran a medida que se acercan al suelo.

En el tema dedicado a Aristóteles ya expusimos que, ante estas objeciones, el propio Aristóteles y sus seguidores formularon una serie de respuestas encaminadas a salvar la coherencia de su modelo (repásalas ahora con el objeto de poder entender los cambios que aporta la física de Galileo).

### 3.4.2. La física aristotélica y la física galileana.

#### 1. **Ámbito de aplicación. Pérdida del carácter ontológico.**

La física de Galileo, a diferencia de la de Aristóteles, **no pretende explicar el "llegar a ser" de cada ente, sólo teoriza y explica un tipo de cambio, en concreto, el cambio de lugar o movimiento local**. No explica la constitución de los entes sino simplemente sus desplazamientos.

En **Aristóteles** la pregunta era: **¿Por qué se mueve?** La respuesta era la descripción de un proceso ontológico: **subsana una deficiencia**: El paso de la potencia (que es privación) al acto (que es perfección).

En **Galileo** la pregunta será: **¿Cómo se mueve?** La respuesta será encontrar la **proporción matemática que nos lo exprese o describa**. No pretende buscar el porqué, solo describir cómo sucede.

## 2. De la física cualitativa a la física cuantitativa.

La forma galileana de entender la física está **influida** por los estudios que le proporcionaron el **conocimiento de Arquímedes y su aplicación de las matemáticas a la física**.

Junto a **Kepler** y, después, **Descartes**, **inicia una tendencia que definirá la modernidad: el expresar sus teorías en lenguaje matemático**.

Su idea de la Naturaleza queda expresada así en uno de sus textos:

"La filosofía está escrita en ese vasto libro que está siempre abierto ante nuestros ojos: me refiero al universo; pero no puede ser leído hasta que no hayamos aprendido el lenguaje y nos hayamos familiarizado con las letras con las que está escrito. **Está escrito en lenguaje matemático**, y las letras son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible entender una sola palabra"

*Il Saggiatore*, 1.623 (El ensayista)

En la **antigüedad** el lenguaje de la física es **cualitativo** ("pesado", "ligero").

En la **modernidad** el lenguaje de la física es **cuantitativo** (expresa proporciones y relaciones matemáticas que se presentan a través de fórmulas y ecuaciones).

### 3.4.3. La dinámica galileana.

Galileo da **una definición para cada tipo de movimiento expresable matemáticamente**:

#### 1. Movimiento uniforme.

*Definición*: "aquel en el que **las distancias recorridas** por el cuerpo en movimiento durante cualesquiera **intervalos de tiempo** son **iguales** entre sí".

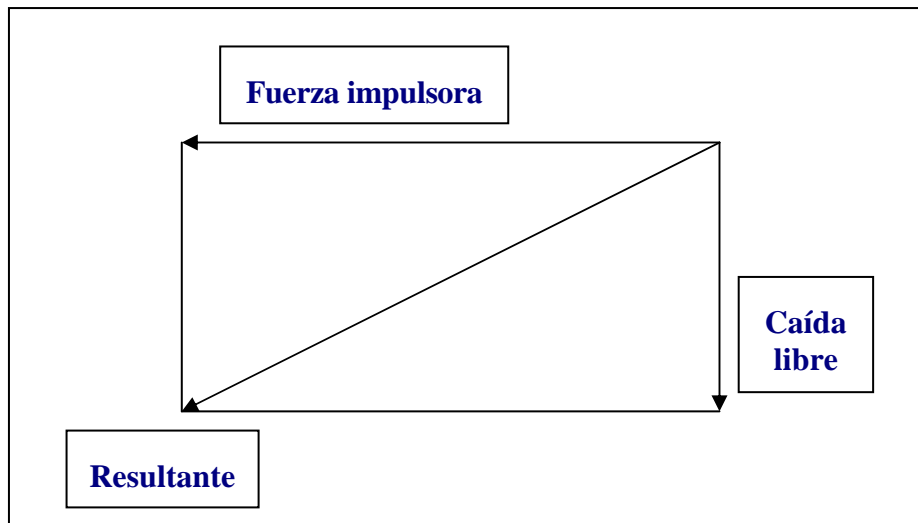
*Proporción matemática*:  $v = e / t$

#### 2. Movimiento uniformemente acelerado: es el movimiento de **caída de libre de los cuerpos**.

*Definición*: "se dice que un cuerpo está uniformemente acelerado cuando **partiendo del reposo** adquiere, durante **intervalos iguales, incrementos iguales** de velocidad"

*Proporción matemática*:  $v = a \cdot t$

### 3. Movimiento de proyectiles: Es el movimiento violento de Aristóteles.



Lo teoriza como una **composición de fuerzas** entre el movimiento natural (la caída libre) y el movimiento violento (rectilíneo) de la fuerza impulsora.

#### 3.4.4. Conclusiones.

Galileo plantea una *nueva forma de hacer física* aunque sus teorías no tendrán un sentido completo hasta que sean integradas dentro de las de Newton y, en concreto, en su teoría gravitatoria.

Plantea el *principio de inercia "circular"*, el de la física clásica será el definido por Newton-Descartes, que será *"rectilíneo"*.

## 4. EL PROBLEMA DEL MÉTODO EN LA CIENCIA Y FILOSOFÍA MODERNAS.

### 4.1. El criterio de verdad y el método de la Escolástica.

Criterio de verdad y método están siempre interrelacionados y son los fundamentos sobre los que se asienta todo tipo de saber.

#### a) El criterio de verdad: crítica a la fe o la autoridad como criterios de verdad.

El criterio de verdad nos permite determinar *cómo sabemos que una cuestión es verdadera o falsa*.

Para la Escolástica, el criterio de verdad se basa en la *fe* en la verdad revelada -es verdadero porque así lo creo ya que está escrito en la Biblia- o en la *autoridad*, basada en lo dicho por *Aristóteles* o la *Iglesia* -lo ha dicho Aristóteles o lo ha dicho la Iglesia-.

El problema surge cuando *la fe se debilita* o *ya no se reconoce o se pone en cuestión la autoridad* de dichas instancias.

#### b) El problema del método: crítica al silogismo aristotélico.



## Renacimiento y Revolución Científica

---

El método hace referencia a los *pasos que hemos de seguir para poder establecer nuevas verdades*. La Escolástica sigue el método aristotélico del silogismo. El silogismo es un tipo de *razonamiento deductivo* que tiene la siguiente forma:

*Premisa mayor (PM)*: Enuncia un principio general.

*Premisa menor (Pm)*: Enuncia un caso particular o singular incluido en el principio general.

*Conclusión (C)*: Enuncia la nueva verdad que se establece.

Veamos un ejemplo:

*(PM)*: Todos los seres humanos están compuestos de cuerpo y alma.

*(Pm)*: Los alumnos de bachillerato son seres humanos.

*(C)*: Los alumnos de bachillerato están compuestos de cuerpo y alma.

Pero ¿cómo sabemos que la premisa mayor es verdadera?: *los principios generales en la Escolástica se alcanzaban a través del criterio de verdad* (la fe o la autoridad). El problema surge cuando ese criterio se ponga en duda, es decir, si no aceptamos la autoridad o no compartimos esa fe (algo que los filósofos modernos se plantean).

Además, *tal procedimiento era de tipo dogmático* pues nunca los casos particulares podían rebelarse contra las supuestas verdades generales.

Por ello, Descartes rechaza el silogismo en el *Discurso de Método*:

"Es completamente **inútil** para los que desean **investigar la verdad** de las cosas, y sólo **se puede aprovechar a veces, para exponer con mayor facilidad** a los otros las **razones ya conocidas**".

## Renacimiento y Revolución Científica

### 4.2. Respuestas de la filosofía moderna ante la crisis de fundamentos de la Escolástica: el método científico.

EL PROBLEMA DEL MÉTODO

Problema	Escolástica	Bacon	Galileo	Descartes
Criterio de verdad	La fe (La Biblia) La autoridad (Aristóteles)	La experiencia	La razón y la experiencia	La razón Criterio de evidencia
Método	SILOGISMO	INDUCTIVO	RESOLUTIVO-COMPOSITIVO	DEDUCTIVO
Tipo	DEDUCCIÓN (De lo general a lo particular)	INDUCCIÓN (De lo particular a lo general)	HIPOTÉTICO-DEDUCTIVO (Matemáticas y experimentos)	DEDUCCIÓN (Modelo de Euclides)
Desarrollo	PM: Premisa Mayor Pm: Premisa menor  C: Conclusión	1º OBSERVACIÓN (De casos particulares)  2º GENERALIZACIÓN (Aplicando el principio de inducción)  3º ENUNCIACIÓN DE LEYES	1º RESOLUCIÓN O ANÁLISIS (De las cualidades esenciales)  2º COMPOSICIÓN O SÍNTESIS (Hipótesis matemática)	REGLAS DEL MÉTODO  REGLA I: EVIDENCIA  REGLA II: ANÁLISIS  REGLA III: SÍNTESIS  REGLA IV: ENUMERACIÓN
Problemas	Cómo justificar la premisa mayor si entra en crisis el criterio de verdad.	Observación de casos en contra.	3º EXPERIMENTO O COMPROBACIÓN (De la corrección de las deducciones)	El innatismo y el menosprecio de la experiencia.

La decadencia del feudalismo, y la necesidad de resolver las necesidades materiales de una creciente población y los nuevos asentamientos urbanos, supusieron, ya al final de la Edad Media y al comienzo del Renacimiento, un nuevo interés por el mudo natural frente al sobrenatural. La ingeniería y las artes mecánicas progresan en alianza con la matemática. La ciencia, fuera de la Universidad, se hace **práctica y utilitaria**, conjugándose con la técnica. Y preocupa más su dimensión de investigación que la de exposición sistemática de conocimientos ya admitidos o sabidos. Lo que se busca ahora es el **método de descubrimiento** e invención de nuevas verdades, más allá de la forma silogística de demostración a que se había reducido el aristotelismo escolástico oficial.

En este contexto, *Francis Bacon*, *Galileo* y *Descartes* son los filósofos que proporcionan los pilares para el pensamiento moderno y que concuerdan en su crítica al silogismo, aunque divergen en la alternativa ofrecida. Todos ellos, por ejemplo, rechazan el principio de autoridad al considerar que todas las opiniones, incluidas las de los grandes sabios del pasado, han de ser examinadas a la luz de principios racionales.

Bacon y Descartes representan, en particular, los dos extremos de la filosofía moderna: *Bacon* recurrirá al uso de la *experiencia*, siendo precursor del *empirismo*; y *Descartes* a la *razón*, fundando el *racionalismo*. La propuesta metodológica de Galileo,

por el contrario, es el más claro antecedente del actual método científico, dada su combinación entre el recurso al experimento y la formulación matemática de las verdades halladas.

### 4.2.1. Francis Bacon y el inicio del empirismo.

Nace en Londres en 1.561 y muere en 1.626. En 1620 escribe su obra *Novum Organum*, donde critica abiertamente la lógica aristotélica diciendo que *es inútil para la invención científica y consolida y fija los errores más que conducirnos a la verdad*. La conclusión no es algo nuevo que se extrae de las premisas, sino que está en el fundamento de la premisa mayor, a la que antecede y no sigue como pretende el silogismo.

Bacon opone a la *deducción* la *inducción*: no puede haber verdades generales que no se sostengan en casos particulares:

*Deducción* (silogismo): de lo general a lo particular.

*Inducción* (Bacon): de lo particular a lo general, parte de la *observación* de casos particulares para remontarse a la enunciación de verdades de generalidad cada vez mayor.

Para Bacon, *el criterio de verdad es la experiencia*. Es un criterio superior al de autoridad pues, según él, todo se puede reducir, en última instancia, a “*contar y medir, ver y palpar*”.

La figura de Bacon es, además, importante porque es un filósofo que supo entender las claves de la ciencia moderna y la capacidad del ser humano para extender su dominio sobre la naturaleza.

Bacon creía en las posibilidades de la ciencia par favorecer el bienestar de la humanidad, y en una sociedad organizada bajo el principio de la racionalidad tecnocientífica, hasta el punto de imaginar en su obra *La Nueva Atlántida* una sociedad gobernada por científicos, y no por políticos, en la que los seres humanos vivirían felices.

Para entrar en ese camino, antes era necesaria una renovación total de la ciencia. Por ello, criticó el estado de la ciencia en su época, clasificó las ciencias y las separó claramente de la teología. Señaló, además, la necesidad de organizar la investigación y de recopilar los trabajos de los sabios de todos los países.

Bacon establece como objetivo fundamental de la nueva ciencia el *conocimiento y dominio de la naturaleza*, para utilizarla en beneficio de los seres humanos. Ahora bien, la única manera de dominar la naturaleza es *conocer y obedecer sus leyes*.

Antes de emprender la investigación sobre la naturaleza hay que liberarse de todos los prejuicios y errores, a los que llama “*ídolos*”: “los conceptos falsos que se han apoderado de la inteligencia humana en la que ya han echado profundas raíces”. Así, si el científico no “*limpia su mente*” de estos prejuicios, toda su investigación posterior estará condicionada por ellos. Bacon los clasificó de la siguiente manera:

- *ídolos de la tribu*: son aquellas inclinaciones propias de la condición humana que nos llevan a aceptar como verdaderas las hipótesis y explicaciones que más concuerden con nuestros propios deseos, teorías e intereses.
- *ídolos de la caverna*: esta expresión, tomada de la alegoría platónica de la caverna, designa a los errores que se derivan del carácter particular de cada individuo, de su educación y situación particular.

## Renacimiento y Revolución Científica

---

- *ídolos del foro*: son los errores que nacen en un contexto social y que se producen, sobre todo, por el uso equívoco del lenguaje, pues, a veces, se confunden palabras, conceptos y cosas, y otras, el lenguaje tiene un significado impreciso.
- *ídolos del teatro*: son los errores y prejuicios que se derivan de la aceptación acrítica de las opiniones y teorías de los filósofos antiguos.

Una vez liberada la mente de prejuicios y falsas creencias, hay que emplear un método correcto. Según Bacon, el método científico debía constar de dos fases:

- a) **fase inductiva**: tiene como punto de partida la observación sistemática y planificada que se pregunta por aquellas propiedades de la naturaleza que interesa conocer en cada momento. Así, el científico interroga a la naturaleza y registra los casos en que la propiedad investigada aparezca, aquéllos en que no aparezca, y aquéllos en que muestre cambios de intensidad. A estos registros los llamó Bacon, respectivamente, “tablas de presencia, de ausencia y de grados”. A partir del conjunto sistemático de observaciones particulares, se obtienen, inductivamente, principios o leyes generales de funcionamiento de la propia naturaleza.
- b) **fase deductiva**: consiste en derivar consecuencias o conclusiones particulares a partir de las leyes o principios establecidos anteriormente.

En conclusión, a pesar de que hay en Bacon muchas ideas sugerentes, como la crítica de los ídolos, es preciso señalar que los científicos no seguirían su método, entre otras cosas, por el escaso papel que le atribuyó a la deducción y el no haber utilizado un lenguaje matemático.

### 4.2.2. Galileo y el método experimental.

Tres son los factores que distinguen básicamente el método de Galileo, y en general de la ciencia moderna, del utilizado por los antiguos: uso del razonamiento hipotético-deductivo, tratamiento matemático de la experiencia y recurso a la experimentación. En general, el nuevo método propuesto por Galileo no consiste en experimentar a secas, sino en establecer una conexión necesaria entre la matemática y la investigación empírica.

Se reconoce a Galileo como el impulsor más importante de lo que actualmente se denomina “método hipotético-deductivo”, aunque él lo denominara “método resolutivo-compositivo”. En él, los pasos a seguir son los siguientes:

1. **Resolución o análisis de las cualidades esenciales**. Consiste en reducir la multiforme variedad empírica de un fenómeno a unas pocas propiedades. Abstracta aquellos elementos que son fundamentales para la resolución del problema. En términos actuales, este paso supone el partir de la observación de algún hecho o fenómeno cuya explicación se desconoce.
2. **Composición o síntesis**. Componer una hipótesis matemática de la que se deduzcan una serie de consecuencias observables. Estas hipótesis se construyen de acuerdo con el principio de simplicidad que rige la naturaleza. En términos actuales, este paso supone la formulación de una posible solución al problema investigado a través de una hipótesis explicativa, que es expresada matemáticamente y de la que se derivan una serie de consecuencias que pueden ser comprobadas mediante el recurso a la experiencia.

3. **Experimento o comprobación.** Se trata de comprobar si las consecuencias de la hipótesis son ciertas o no.

En cuanto al **tratamiento matemático aplicado al estudio de la naturaleza**, Galileo se opone al modelo científico propuesto por Aristóteles. En efecto, para éste, y con él para toda la ciencia antigua, el estudio de la naturaleza sólo podía ser cualitativo y no cuantitativo, puesto que en la naturaleza no encontramos nada que sea realmente matemático, es decir, que se ajuste exactamente a los conceptos matemáticos (figuras geométricas, relaciones y leyes numéricas, etc.). Nuestro mundo es un mundo de irregularidades y de cualidades de imposible tratamiento matemático o cuantitativo.

Pero, para Galileo, y en general para toda la nueva ciencia, todo lo que se halla en la naturaleza y que puede ser estudiado científicamente tiene que poder ser medido, cuantificado, matematizado. Por ello, prescinde en su estudio de la naturaleza de las cualidades secundarias *o cosas que están en nosotros* como los colores, olores, sabores, etc., y tiene sólo en cuenta *las que sólo se encuentran en la propia naturaleza*, tales como el peso, el movimiento, etc. ( las cualidades primarias).

Así, el tratamiento matemático de las cuestiones físicas nos sitúa en un ámbito muy diferente del de la mera percepción sensible, ya que en la naturaleza no hay nada que sea realmente matemático. Sin embargo, Galileo creía en la perfecta consonancia entre las matemáticas y la naturaleza, como también mantendrán científicos y filósofos posteriores como Newton y Descartes.

Por último, **el recurso a la experimentación** es también una clara diferencia entre la ciencia antigua y la moderna. Frente a la observación de los antiguos, que es una experiencia “ingenua” que pretende ser fiel a lo que se ve y se toca, el experimento, por el contrario, es un proyecto que elige de antemano determinadas características de un fenómeno y desecha las demás. El experimento es una experiencia dirigida y controlada por la razón. Así, el científico crea las circunstancias convenientes, las varía cuando lo considera oportuno y controla el proceso completo de producción y observación del fenómeno.

### 4.2.3. René Descartes y el inicio del racionalismo.

El problema del método adquiere en Descartes connotaciones especiales ya que su propuesta metodológica va unida a su intento de ofrecer una alternativa, tanto filosófica como propiamente científica, al modelo de Aristóteles. En efecto, Descartes (1596-1650), inventor de la geometría analítica, quiso ser el “filósofo de la nueva ciencia”, tratando de fundamentar la física de Galileo en una metafísica que convirtiera el mecanicismo en una ontología (o propiedad de las cosas reales) y el método geométrico en una teoría general del conocimiento humano.

Para Descartes, la naturaleza física es pura extensión, dado que la razón no necesita más que ese atributo geométrico para concebir y explicar la esencia de los cuerpos. Como además están dotados de movimiento, serán concebidos, incluido el cuerpo humano, como “máquinas”. Al buscar los primeros principios que dieran cuenta de la estructura de la realidad, Descartes acentuó la dimensión deductiva y sistemática de la ciencia así como el papel de la razón frente a la experiencia. Con ello propició que el mecanicismo se convirtiera efectivamente en el nuevo paradigma de la física, derrocando definitivamente al aristotélico.

## Renacimiento y Revolución Científica

---

Descartes señala los *límites de la experiencia sensible* y la *insuficiencia del método inductivo* (nunca podemos estar seguros de que un nuevo hecho venga a desmentirnos el principio general establecido: lo que imposibilita la universalidad y necesidad que habrían de tener si queremos que sean plenamente científicos).

Hay un ámbito en el que se pueden afirmar algunas cosas con *validez universal y absoluta*: es el *reino de la razón*, sobre el que descansa *la matemática* y está *regido por el principio de no contradicción*. Veamos lo que supone esta afirmación con el siguiente ejemplo:

a: "Todos los hombres nacen con dos ojos"

b: "Todos los triángulos tienen tres ángulos"

Si comparamos las dos proposiciones encontramos que, en *el caso de la primera*, la hemos obtenido por *experiencia*, pero *no es universal ni necesaria* porque, por experiencia, *puede volverse falsa* en cualquier momento (basta con que nazca un hombre con un solo ojo).

En cambio, *esto es imposible en la segunda*, no depende de la experiencia sino de *la razón* y es imposible que sea falsa por el *principio de contradicción*, por lo tanto es *universal y necesaria*. **El criterio de verdad** ha de ser por tanto **la razón**.

Las matemáticas, al igual que en Galileo, sirvieron a Descartes de paradigma en la búsqueda de las primeras verdades absolutamente ciertas que pudieran servirle de apoyo en la reconstrucción de la totalidad del edificio de la ciencia y el saber. Así, el objetivo último de Descartes no es otro que el de alumbrar una nueva filosofía, que tome como referencia el buen uso que de la razón se había hecho en las matemáticas para trasladarlo a otros campos del conocimiento.

Si la razón es única, único debe ser también el método que utilicemos. De este modo, Descartes tiene en mente un proyecto de reforma sistemática del conocimiento, que desborda los objetivos estrictamente científicos para adentrarse en los puramente filosóficos. Por ello, no es de extrañar que no diera mucha importancia a la experimentación, pues Descartes es más un filósofo o teórico de la ciencia que un científico al estilo de Galileo.

*En el próximo tema, abordaremos con más detalle la propuesta metodológica de Descartes.*