

## REVOLUCIONES CIENTÍFICAS

[http://es.wikipedia.org/wiki/Revoluciones\\_cient%C3%ADficas](http://es.wikipedia.org/wiki/Revoluciones_cient%C3%ADficas)

**Revolución científica** es un concepto de la epistemología y la historia de la ciencia acuñado por Thomas Kuhn en la obra ***La estructura de las revoluciones científicas***; aunque muy a menudo se restringe su uso a una época histórica en concreto, la de la ciencia de los siglos XVI y XVII, que es el sentido en que lo usó Alexandre Koyré

El concepto kuhniano de revolución científica implica una especial relación entre las condiciones socioeconómicas y el entorno intelectual, y se entiende como el momento en que la producción científica deja de reproducir los esquemas de la denominada *ciencia normal* y se produce un cambio de paradigma científico

### I Las grandes revoluciones científicas

Son cada uno de los periodos históricos en que se ha producido uno de esos cambios. Cada una de ellas surgió y se concentró especialmente en determinadas disciplinas científicas, aunque también trajeron consecuencias para las demás:

- **Revolución copernicana**, en astronomía y física, desde Nicolás Copérnico (*De revolutionibus*, siglo XVI) hasta Isaac Newton (finales del siglo XVII; la importancia de Newton en la aceptación del nuevo paradigma y su fijación hace que se suela hablar de él como **paradigma newtoniano**). El filósofo e historiador de la ciencia Alexandre Koyré propuso el término **revolución astronómica** para este proceso.<sup>1</sup>
  - En el mismo año (1543) en que Copérnico moría y se publicaba póstumamente su libro, también lo hacía el *De humani corporis fabrica* de Andrés Vesalio, que revolucionó la anatomía. Suele hablarse de **revolución científica del siglo XVII** para referirse al periodo fundamental que supuso el cambio del concepto de *ciencia cualitativa*, basada en la lógica silogística por la *ciencia cuantitativa* basada en la lógica experimental. En ese proceso fue fundamental la renovación del método científico a cargo de personajes como René Descartes, Johannes Kepler, Francis Bacon o Galileo Galilei. La nómina podría ser extensa: Christian Huygens, William Gilbert, Otto von Guericke, Francis Hauksbee, Evangelista Torricelli, Blaise Pascal, Robert Hooke, Robert Boyle, William Harvey, Marcelo Malpighi, Regnier de Graaf, Jan Swammerdam o Antoni Leeuwenhoek.<sup>2</sup> La polémica entre empirismo y racionalismo, deducción y razonamiento inductivo y otros debates intelectuales, como el debate de los antiguos y los modernos (superación del principio de autoridad propio de la escolástica), se completan con lo que a finales del siglo XVII se conoce con el nombre de **crisis de la conciencia europea** (concepto

acuñado por el historiador Paul Hazard) que precede a la Ilustración del siglo XVIII.

- **Revolución darwiniana**, en biología y ciencias de la Tierra, desde Charles Darwin (*El origen de las especies*, 1859). También suele denominarse **revolución evolucionista**.
- **Revolución einsteniana**, en física, desde **Albert Einstein** (artículos de 1905). También suele denominarse **revolución relativista**.
- **Revolución indeterminista**, que no se refiere al indeterminismo filosófico opuesto al determinismo, sino a la indeterminación: la superación de la concepción mecanicista o *determinista* de la ciencia, sobre todo a partir de las tres famosas construcciones teóricas de los años veinte y treinta del siglo XX debidas a Heisenberg, Schrödinger y Gödel, sobre la indecidibilidad, el principio de incertidumbre, la indiferencia y la imposibilidad de eludir la interferencia del experimentador u observador sobre el hecho experimentado u observado.
  - Incluida en ésta, la **revolución cuántica** se inició en un periodo anterior, a partir de **Max Planck** (1900, constante de Planck) y **Einstein** (*Un punto de vista heurístico acerca de la creación y transformación de la luz*, uno de los famosos artículos de 1905). Esta *revolución cuántica* no puede denominarse por un sólo científico, ni siquiera por un único grupo de ellos, equipo o escuela local, dada la gran cantidad que intervino en el complejo proceso que llevó a lo largo del primer tercio del siglo XX hasta la definición de la **mecánica cuántica** (Pieter Zeeman, Hendrik A. Lorentz, James Franck, Walter Nernst, Henry Moseley, Peter Debye, Arnold Sommerfeld, Arthur Holly Compton, Hendrik Kramers, Wolfgang Pauli, **Louis de Broglie**, George Uhlenbeck, Samuel Goudsmit, **Paul Dirac**, John von Neumann, etc.); entre los que **Heisenberg**, Max Born, David Hilbert, Felix Klein, Pascual Jordan y **Niels Bohr** desarrollaron la llamada **mecánica cuántica matricial** y **Schrödinger** la mecánica cuántica ondulatoria (1926 *Cuantización como un problema de valores propios*).

### Otros cambios de paradigma entre la ciencia clásica y la ciencia moderna

- En medicina y fisiología la revisión de la anatomía de Aristóteles y las teorías de Hipócrates y Galeno (teoría de los humores); por autores de los siglos XVI y XVII: Andrea Vesalio, Miguel Servet y William Harvey (*De motu cordis*, 1628, donde propone su teoría de la circulación de la sangre).
- Superación de las matemáticas griegas clásicas de Pitágoras, Tales de Mileto, Euclides y Arquímedes; a partir del siglo XVII (Descartes, Pascal, Leibniz-Newton, cálculo infinitesimal) y del siglo XVIII (Euler, Gauss, geometría no euclidiana).

## Otras denominaciones

Sin que representen cambios menos importantes, otros cambios de paradigma restringidos a una ciencia en concreto, son también denominados habitualmente "revoluciones" y a veces denominados por el científico que los protagoniza:

- **Revolución lavoisieriana** o **revolución química**, por el químico Antoine Lavoisier.
- **Revolución lyelliana**, por el geólogo Charles Lyell.
- **Revolución maxwelliana**, por el físico James Clerk Maxwell.
- **Revolución mendeliana** o **revolución genética**, en genética, desde Gregor Mendel (1865, *Experimentos sobre la hibridación de plantas*), aunque no fue recibido por la comunidad científica hasta principios del siglo XX (1900, Hugo de Vries, Carl Correns y Erich von Tschermak; 1902, William Bateson *Principios de herencia de Mendel*; investigaciones posteriores de Archibald Edward Garrod y Thomas Hunt Morgan)
  - **Revolución bioquímica** se suele aplicar a los descubrimientos que llevaron al desciframiento del código genético y el ADN (James D. Watson, Francis Crick y un largo etcétera, en que se incluye al español Severo Ochoa).
  - **Revolución genómica** se suele aplicar a la biotecnología procedente de la investigaciones en torno al genoma (1990-2003, Proyecto Genoma Humano).
- **Revolución wegeneriana**, en geología, desde que Alfred Wegener propone la teoría de la deriva continental en 1912, y hasta el año Geofísico Internacional de 1957

## II La Revolución científica de los siglos XVI-XVII

<http://www.monografias.com/trabajos14/revolucion-cientifica/revolucion-cientifica.shtml>

Autor: Larissa G. Martínez S. Octubre 2003

### Indice

1. Introducción
2. Revolución científica
3. Consecuencias de la revolución científica
4. La revolución copernicana
5. Teóricos de la ciencia
6. El desarrollo de la revolución científica
7. Revolución científica aplicada
8. Conclusión

## **1. Introducción**

La esencia real de la Revolución Científica comprende un amplio espacio, en el cual fueron desarrollándose los hechos que dieron origen a dicho hecho. Esta revolución como su nombre la indica, representa el cambio paradigmático de la era en cual reinaban formas de proceder como la especulación y la deducción. Pasando a tiempos en el cual se procede mediante una forma más sustentada, es decir con soportes firmes basados en la ciencia pura, es decir de cierta forma se dejó de lado la visión aérea de los hechos.

Esta revolución, presenta las razones por las cuales la asimilación de un nuevo tipo de fenómeno o de una nueva teoría científica debe exigir el rechazo de un paradigma más antiguo, no se derivan de la estructura lógica del conocimiento científico; pues podría surgir un nuevo fenómeno sin reflejarse sobre la práctica científica pasada.

## **2. Revolución Científica**

### **Conceptos**

Por revolución científica se denomina habitualmente el periodo comprendido entre 1500 y 1700 durante el cual se establecen los fundamentos conceptuales e institucionales de la ciencia moderna.

Se considera revolución científica a todos aquellos episodios de desarrollo no acumulativo, en que un paradigma antiguo es reemplazado completamente o en parte, por otro nuevo, incompatible.

En lo que a conceptos, el elemento central de la Revolución Científica es el abandono de la visión cosmogónica en la que la Tierra ocupaba el centro del Universo (sistema geocéntrico de Ptolomeo) y de la física aristotélica, por una en la que los planetas se mueven en torno al Sol (sistema heliocéntrico), una idea que, aunque también habían considerado algunos antiguos (Astiarco), fue introducida con detalle por Nicolás Copérnico.

## **3. Consecuencias de la revolución científica**

Las consecuencias de la revolución científica, de la que Galileo y Newton fueron sus máximos exponentes, pueden dividirse en tres grandes grupos: consecuencias metodológicas, filosóficas, y religiosas:

### **Consecuencias metodológicas:**

Desconfianza ante las "intuiciones" ingenuas del sentido común como intérprete de la realidad.

Se incrementa el valor de la observación y de la experiencia y la necesidad de la verificación empírica. Los sistemas puramente especulativos, como construcciones mentales deducidas a partir de unos principios universales no discutidas, ceden el paso a hipótesis de trabajo basadas en la experiencia y sujetas a una revisión continua.

### **Nuevo criterio de verdad.**

La deducción, que había reinado desde Parménides, cede el trono a la inducción. Galileo la practica, y Bacon acomete la tarea de justificarla teóricamente y de elaborar su metodología, de forma que constituya el nuevo instrumento (Novum Organum) de la ciencia en sustitución del Organon aristotélico.

La expresión de la realidad se matematiza. La ciencia moderna desea predecir con exactitud los fenómenos, y para ello necesita conocer las leyes físico-matemáticas que los rigen.

Cada rama de la ciencia se independiza de las otras (aunque aproveche indirectamente sus avances).

### **Consecuencias filosóficas**

Se derrumba la autoridad de Aristóteles. Se ve que Aristóteles se equivocó al afirmar el sistema geocéntrico de esferas, la incorruptibilidad de los astros, el cese del movimiento cuando cesa la causa, etc. El desprestigio de Aristóteles aumentó también por considerársele defensor a ultranza del método deductivo y la especulación pura.

Cambia el concepto de ciencia. Ya no interesa lo óptico, sino lo fenoménico; la realidad subyacente, sino el comportamiento aparente. Algunos científicos como Galileo y Kepler solo se interesan por establecer las leyes matemáticas de los movimientos.

### **Consecuencias religiosas**

Autonomía de la ciencia frente a cualquier autoridad. La última palabra corresponde a la razón, que parte de la experiencia científica y vuelve a ella para verificar sus conclusiones.

El científico moderno suprime las explicaciones prenaturales de los fenómenos físicos, y busca sólo las causas inmanentes, intramundanas.

### **El papel de las leyes en las explicaciones científicas**

Con Descartes, Galileo y Newton se desarrolló la idea de que el verdadero conocimiento es conocimiento de algo que está más allá de los fenómenos, que tiene una estructura definida y caracterizable matemáticamente. Decir que la realidad tiene una estructura que no está constituida por sustancias y, en particular, identificar la realidad con una estructura matemática de los fenómenos, nos permite formular la idea de que sí podemos tener conocimiento cierto de esa estructura.

Según Newton, la "deducción a partir de los fenómenos" requería el diseño de experimentos y la sistematización de observaciones en un marco de conceptos matemáticos que permitieran llegar a tener conocimiento de la estructura, de lo real, sin suponer que conocemos las causas últimas de lo real. Así, implícitamente, Newton distingue dos conceptos de "causa"; por un lado, habla de las leyes cuantitativas de la naturaleza como causas, en un sentido en el que ya Descartes hablaba de las leyes como causas secundarias, esto es, en el sentido de que apelar a esas leyes permite explicar los fenómenos. Por el otro, Newton habla de "causa" en el sentido

del origen físico, en el nivel de la estructura corpuscular de la materia, del movimiento.

La estructura de los fenómenos o, más precisamente, las leyes de la naturaleza que describen la estructura de manera cuantitativa, eran para Newton, causas que explicaban los fenómenos, y en ese marco sería más correcto hablar de principios explicativos.

Newton señalaba que las leyes fundamentales de la naturaleza son descripciones de las fuerzas de interacción que se aplican universalmente. Estas leyes nos permiten explicar la estructura de los fenómenos en la medida en que, por lo menos es posible derivar las regularidades a las que tenemos acceso en la experiencia a partir de esas leyes fundamentales.

Parte del éxito de la propuesta de Newton se debió a que la ley de la gravitación universal salió a relucir a partir de cierta reformulación matemática de los fenómenos conocidos. Por esto Newton pudo hablar de "deducción", aunque el término no fuera estrictamente correcto. Pero el punto es que dadas ciertas restricciones, que no introducen hipótesis adicionales a los fenómenos, en el sentido de que no introducen otros principios explicativos, es posible deducir la ley de la gravitación a partir de los fenómenos en un sentido matemático estricto.

Newton mostró como, en algunos casos especiales pero importantes, y bajo ciertos supuestos, es posible "deducir" de la estructura de los fenómenos ciertas leyes generales que describen esa estructura y que pueden utilizarse como puntos de partida, como premisas de las explicaciones.

#### **4. La revolución copernicana**

Para Thomas Khun la revolución copernicana fue una revolución en el campo de las ideas, una transformación del concepto del universo que tenía el hombre hasta aquel momento y de su propia relación con el mismo, y tuvo lugar en las investigaciones astronómicas. En 1543 Nicolás Copérnico se propuso incrementar la sencillez y precisión de la teoría astronómica vigente, transfiriendo al sol muchas de las funciones que hasta entonces se atribuían a la tierra. Esa revolución no se limita a una reforma astronómica, sino que con la publicación del *The Revolution orbis* de Copérnico se produjeron enseguida una serie de cambios radicales en la forma de comprender la naturaleza por parte del hombre, innovaciones que culminaron un siglo más tarde con el concepto newtoniano del universo.

Copérnico vivió y trabajó en un periodo caracterizado por rápidos cambios de orden político, económico e intelectual que prepararían las bases de la moderna civilización europea y americana, se convirtió en un foco de las apasionadas controversias religiosas, filosóficas, y sociales.

La concepción aristotélica del cosmos fue la principal fuente y el punto de apoyo para la práctica astronómica precopernicana. El principio de autoridad típicamente medieval que emanaba de los escritos de Aristóteles deriva del brillo y la originalidad de sus ideas, y de su extensión y coherencia lógica. El espacio newtoniano es físicamente neutro, al contrario del primitivo, que

podríamos denominar como un espacio vital. Si bien la ciencia jugó un importante papel a finales de la Edad Media, no debe olvidarse que las fuerzas intelectuales dominantes eran teológicas. Sin embargo, las críticas escolásticas a la obra de Aristóteles ofrecieron unas alternativas importantes en algunos puntos específicos, que desempeñaron una función de máxima importancia en la preparación del camino de Copérnico.

La teoría copernicana se desarrolló en el marco de una tradición científica apadrinada y apoyada por la Iglesia. La ciencia pagana y secular derivada de los contactos con el oriente musulmán y bizantino dejaban de ser una amenaza siempre que la Iglesia pudiera seguir manteniendo su liderazgo intelectual a través de la integración de las concepciones procedentes de aquella. Dentro de una erudición de corte cristiano, se mantuvo a lo largo de cinco siglos el monopolio católico sobre la ciencia. La estructura física y cosmológica del nuevo universo cristiano plenomedieval era básicamente aristotélica, derivada de las concepciones de Tomas de Aquino (1225-1274). La crítica que realizaron los escolásticos al sistema aristotélico tiene sus mayores exponentes en Nicolás de Oresme y su maestro Juan Buridan durante el siglo XIV. Los siglos durante los que perduró la escolástica son aquellos en que la tradición de la ciencia y la filosofía antigua fue simultáneamente reconstruida, asimilada y puesta a prueba, a medida que iban siendo descubiertos puntos débiles, se convertían de inmediato en focos de las primeras operaciones investigativas del mundo moderno.

Para los europeos contemporáneos a Copérnico, la astronomía planetaria era un campo casi nuevo, que fue elaborado en un clima intelectual y social muy distinto de que hasta entonces se habían enmarcado los estudios astronómicos.

La vida de Copérnico transcurrió entre 1473 y 1543, las décadas centrales del Renacimiento y la Reforma. La agitación en la Europa renacentista y reformista facilitó la innovación astronómica de Copérnico.

## **5. Teóricos de la ciencia**

### **Gilbert Hottois**

Según Gilbert Hottois, la ciencia antigua era una ciencia logoteórica, lo que quiere decir que estaba formada por el lenguaje (logos) y la visión intelectual o espiritual (theoría). Tal ciencia estaba constituida por el lenguaje: la ciencia antigua se formula con ayuda del lenguaje ordinario, es discursiva; utiliza las palabras de la lengua natural, que redefine, precisa e intenta articular rigurosamente. Es producto de la reflexión activa (es decir, la especulación) sobre la organización lingüística o simbólica de lo real.

La forma que adopta la ciencia aristotélica es una forma lógica, demostrativa, silogística. Lo que es objeto de conocimiento científico, según Aristóteles, es la conclusión universal y necesaria de un silogismo. En las premisas del silogismo está contenida la explicación de la conclusión. La explicación es el porqué, lo que Aristóteles denomina la causa. Pero es una causa lógica o semántica, es decir, que expresa un encadenamiento

conceptual o de significaciones, sin relación alguna con la causalidad mecánica y empírica de la ciencia moderna.

La lógica (la silogística) es el verdadero Organon de la ciencia, lo que quiere decir la herramienta, el método por excelencia de la ciencia, el instrumento de su despliegue riguroso y definitivo. Fundamentalmente, la ciencia aristotélica es, pues, intuitiva y deductiva, teórica (o contemplativa) y discursiva (o verbalista).

### **La ciencia moderna**

La ciencia moderna se inicia propiamente con **Francis Bacon**. La principal obra de éste es el *Novum Organum*. Tradicionalmente el término "Organon" designa el conjunto de los tratados de lógica de Aristóteles y define la lógica como instrumento de la ciencia. La obra de Francis Bacon se opondrá a esta concepción. El *Novum Organum* tiene, a la vez, un aspecto crítico (de la ciencia tradicional) y un aspecto positivo (una nueva forma de concebir la ciencia). Los principales aspectos de la crítica de Bacon a la ciencia tradicional son los siguientes:

La lógica (la silogística) no es ni el instrumento ni la forma por excelencia del saber;

Una ciencia lógica sólo es una ciencia a priori y formal, vacía; no enseña nada, puesto que se limita a explicitar el contenido de las premisas;

La ciencia debe ser inductiva y no deductiva; pero no se trata de la inducción aristotélica, que sólo es una intuición inmediata de lo universal en lo particular;

La ciencia lógica opera con palabras, es decir, con las "etiquetas de las cosas", e ignora éstas; es preciso terminar con la confusión de las palabras y las cosas, origen esencial del saber filosófico antiguo. El lenguaje no ofrece representación correcta de lo real y no es una fuente fiable para la ciencia;

Es menester rechazar la ciencia libresca, rehusar todo prejuicio y argumento de autoridad en el estudio de la naturaleza;

Es menester distinguir entre causas finales y causas eficientes, y limitarse a la investigación de las causas eficientes para la explicación científica de los fenómenos.

Desde el punto de vista positivo, el *Novum Organum*, exige:

Practicar la **inducción** en sentido moderno, es decir, la liberación progresiva de las identidades y de las diferencias reales gracias a la observación y a la comparación repetida de las observaciones;

Practicar la **experiencia** en el sentido de la experimentación, es decir, no conformarse con observar pasivamente; utilizar instrumentos y técnicas;

**Verificar**, escoger, confirmar y corregir incansablemente a fin de distinguir entre las causas eficientes verdaderas y los factores marginales, las circunstancias accidentales de un fenómeno.

Según Bacon, la ciencia moderna deberá ser:

activa, operatoria, eficaz y no contemplativa y verbal. Esta relación activa, caracteriza la investigación y la aplicación técnica: la utilización de instrumentos y de procedimientos determinados permite explicar y controlar los fenómenos; potente y operativa: el fin último del conocimiento está en aumentar el control, la potencia, el dominio del hombre sobre la naturaleza, con el propósito de someterla a sus necesidades y proyectos. Para la ciencia nueva, saber es poder.

### **Copérnico**

La idea del heliocentrismo parece que le sobrevino a Copérnico halla por los años 1505 o 1506; en efecto, en 1512 Copérnico escribió e hizo circular entre sus amigos una exposición (De hypotesibus coelestium a se constituis Commentariolus) que ofrece, en forma esquemática y breve, los principios de la nueva astronomía. La obra entraba en abierta contradicción con lo que decían las Sagradas Escrituras, Para salvar esta dificultad, Ossiander propuso a Copérnico la idea de presentar su sistema no como algo real, sino adoptar una concepción fenomenista de la ciencia. Esta concepción fenomenista de la ciencia es expuesta en el prólogo de Ossiander a la obra de Copérnico.

La ciencia – y en especial la astronomía – no tiene, según Ossiander, sino un fin único, un solo objeto, el de "salvar los fenómenos". Su misión consiste en relacionar y ordenar sus observaciones por medio de hipótesis que permitan calcular, prever y predecir las posiciones (visibles y aparentes) de los planetas.

Los dos ejes centrales sobre los que gira la teoría de Copérnico son: 1) colocar al Sol, inmóvil, en el centro del Universo y 2) hacer de la Tierra un planeta más que gira en torno al Sol.

### **Filosofía científica**

Las Regulae philosophandi, colocadas por Newton al principio del tercer libro de los Principia, nos enseñan la filosofía científica del autor.

Regla I: Debemos admitir únicamente aquellas causas de cosas naturales que son verdaderas y suficientes para explicar las apariencias.

Regla II: A los mismos efectos naturales debemos asignarles las mismas causas.

Regla III: Las cualidades [propiedades] de los cuerpos que no admiten aumento o disminución de grado, y que encontramos en todos los cuerpos al alcance de nuestros experimentos, deben considerarse como las cualidades universales de los cuerpos.

Regla IV: En la filosofía experimental debemos buscar proposiciones seleccionadas por medio de una inducción general a partir de fenómenos exactos o muy cercanos a la verdad, a pesar de la posibilidad de imaginarse hipótesis contrarias, hasta que llegue el momento en el que ocurran otros fenómenos que sean más exactos, o que muestren que estas proposiciones tienen excepciones.

La regla III es un intento por caracterizar aquellas propiedades que, según Newton, son epistemológicamente básicas en el sentido en que lo explica la siguiente regla metodológica: las cualidades [propiedades] universales de las cosas son derivables de los fenómenos.

Newton avanza la tesis de que no es posible refutar -filosófica o científicamente- ningún descubrimiento por el hecho de que parezca contradecir o contradiga un principio general, un postulado, un sistema o cualquiera otra «hipótesis». Lo importante es que la especulación no sea «hipotética». La oposición no se establece entre hipótesis y experimentos, sino entre descubrimiento y convencimiento. Pues todo lo que no se deduce de los fenómenos es una hipótesis; y las hipótesis, no deben ser recibidas en filosofía experimental. Newton, en los mismos Principia, viola a actitud de **hypotheses non fingo** y las reglas que él mismo había fijado a toda inducción y a toda analogía generalizadora. La actitud del hypotheses non fingo tiene más bien en Newton el carácter de un repliegue o retirada tácticos. Disgustado por las polémicas que había tenido que sostener en la Óptica, Newton quiso cortar por lo sano toda discusión, dando así a su Física un lenguaje exclusivamente matemático sobre una sólida base experimental.

### **Thomas Khun**

Thomas Khun es uno de los más destacados referentes por su obra La Estructura de las Revoluciones Científicas. Para Khun la historia de la ciencia tiene periodos de crisis o de revoluciones, y periodos de "ciencia normal". En los periodos de ciencia normal los sabios trabajan para desarrollar las implicaciones sobre puntos particulares. Se relaciona con el término paradigma en el sentido que la ciencia normal, debe responder al paradigma dominante. La investigación, en los períodos de ciencia normal es tratada de manera que los hechos que estudia puedan ser clasificados en las casillas suministradas por el paradigma. La investigación normal se preocupa muy poco de encontrar novedades. Cuando un enigma científico es tan grande que no puede ser resuelto y llega a ser considerado como una anomalía, aparece una transición hacia una crisis, es el pasaje de la ciencia normal a la ciencia extraordinaria. Las revoluciones científicas o periodos de ciencia extraordinaria aparecen cuando los especialistas no pueden ignorar por más tiempo las anomalías que aparecen.

Para que una revolución científica tenga lugar, el sabio debe renunciar a la visión del mundo que tenía hasta ese momento y adecuarse a una nueva visión.

Dice Khun al respecto de la revolución científica: La ciencia normal es la que produce los ladrillos que la investigación científica está continuamente añadiendo al creciente edificio del conocimiento científico.

(...) Los cambios revolucionarios son diferentes (...), ponen en juego descubrimientos que no pueden acomodarse dentro de los conceptos que eran habituales antes de que se hicieran dichos descubrimientos.

Las características del cambio revolucionario que Khun enumera, son las siguientes: a) los cambios revolucionarios son en un sentido holistas, no pueden hacerse poco a poco y contrasta así con los cambios normales o acumulativos; b) se desarrolla un cambio en que se determinan sus referentes, en el lenguaje no solo se alteran los criterios con que los términos se relacionan con la naturaleza, altera además el conjunto de objetos o situaciones con los que se desarrollan esos términos, se genera un cambio en las categorías taxonómicas. La característica esencial es su alteración del conocimiento de la naturaleza intrínseco al lenguaje mismo. La violación o distorsión de un lenguaje científico que previamente no era problemático es la piedra de toque de un cambio revolucionario.

### **Alexandre Koyré**

Está incluido en el denominado campo francés. Su método consiste en preguntarse, frente a un autor, a su obra, cuales fueron en su época las limitaciones de lo pensable y dentro de esos límites, qué explica que ese pensamiento haya aparecido en lugar de otro. De la misma forma que Bachelard y la mayoría de científicos y filósofos en el campo francés, Koyré asume una posición "discontinuista" en epistemología e historia de las ciencias, característica por ejemplo, de Michel Foucault, en quien influyo fuertemente. Señala que el cambio del pensamiento filosófico y científico del siglo XVII, transforma al hombre de espectador de la naturaleza en poseedor y maestro, conduciendo finalmente a la mecanización de la concepción del mundo. Coincide con Bachelard en su antiempirismo: para él la experiencia es secundaria, el mundo de las ideas es fundamental.

Dice que el papel de la "subestructura filosófica" ha sido de suma importancia –sino fundamental- en el desarrollo de las ciencias, a pesar toda la carga en contra de esa subestructura por parte de los historiadores de orientación positivista de los siglos XIX y XX. Las grandes revoluciones científicas siempre han estado determinadas por conmociones o cambios de concepciones filosóficas.

El pensamiento científico (...), no se desarrolla in vacuo, sino que siempre se encuentra en el interior de una cuadro de ideas, de principios fundamentales, de evidencias axiomáticas que habitualmente han sido consideradas como pertenecientes a la filosofía.

### **Tycho Brahe (1546-1601)**

Fue la autoridad más importante durante la segunda mitad del siglo XVI en materia de astronomía, aunque mostraba una línea de pensamiento relativamente tradicional, incluso opuesta a Copérnico. Sin embargo, Brahe fue responsable de cambios de enorme importancia en las técnicas de observación astronómica y en los noveles de precisión que exigían la recolección de datos astronómicos. El sistema de Tycho Brahe, conocido como ticonico, es una adecuación como solución de compromiso a los problemas planteado por el De Revolutionibus, ya que mantiene a la tierra

en el centro del universo, por lo que reconcilia su propuesta con las Escrituras.

### **Johanes Kepler (1571-1630)**

Es uno de los más célebres colegas de Brahe, fue copernicano toda su vida, aunque trabajó con argumentos matemáticos mucho más sólidos. La intuición física kepleriana introduce un concepto más de suma importancia en el desarrollo de la ciencia en el futuro: el *anima motrix*, fuerza que emanaba del sol y responsable de la órbita de los planetas. Al resolver este problema, Kepler acabó por convertir al copernicanismo a todos los astrónomos a partir de 1627, cuando publica las *Tablas Rudolfinas*.

Lo que es realmente nuevo en la concepción del mundo de Kepler es la idea de que el universo esté regido en todas partes por las mismas leyes y por leyes de naturaleza estrictamente matemática. Su universo es, sin duda, un universo estructurado, jerárquicamente estructurado en relación al sol y armoniosamente ordenado por el Creador, que se manifiesta a sí mismo en él como en un símbolo.

### **Galileo Galilei (1564-1642)**

Escrutaba a partir de 1609 los cielos con un telescopio por primera vez, instrumento que permitió descubrir en sus manos innumerables testimonios a favor del copernicanismo, aportando a la astronomía los primeros datos cualitativos desde los recogidos en la antigüedad. Galileo es antimágico en el más alto grado. (...) Lo que le anima es la gran idea de la física matemática, de la reducción de lo real a lo geométrico.

(...) Galileo se nos presenta al mismo tiempo como uno de los primeros hombres que comprendió de manera muy precisa la naturaleza y el papel de la experiencia en las ciencias.

Con Galileo y después de Galileo tenemos una ruptura entre el mundo que se ofrece a los sentidos y el mundo real, el de la ciencia. Este mundo real es la geometría hecha cuerpo, la geometría realizada.

### **René Descartes (1596-1650)**

Es considerado como el fundador de la filosofía moderna. No acepta las bases filosóficas establecidas e intenta construir un edificio filosófico completo de novo. De la misma manera que Bacon, Descartes concibió a la ciencia como una pirámide cuya cúspide estaba ocupada por los principios generales de la realidad. Descartes propuso que el conocimiento científico se inicia en la cumbre y de ahí procede hasta abajo, siguiendo el camino de la deducción. Tiene la certeza de que el conocimiento puede alcanzarse a priori, en ausencia de la realidad y la experiencia, cuya síntesis es su *cogito ergo sum*. Los aspectos más sobresalientes de la filosofía cartesiana son el dualismo y el mecanicismo. Con respecto al primero, postula la existencia de dos mundos paralelos pero incapaces de articularse entre sí: el cuerpo y la mente. Con relación al segundo, la filosofía cartesiana es rígidamente determinista.

## **6. El desarrollo de la revolución científica**

Tomando la concepción de la historia de la ciencia de Koyré, el panorama de la filosofía moderna del siglo XVII, y su relación con la ciencia, o más exactamente como la filosofía natural se fue gradualmente escindiendo hasta convertirse en dos entidades separadas e incluso opuestas: la filosofía y la ciencia.

Los caracteres generales de la filosofía del siglo XVII: este periodo señala la madurez de la conciencia filosófica moderna y abarca su etapa más productiva. Se desarrolla un pensamiento cuyos caracteres difieren notablemente del renacentista anterior. Encontramos nuevos métodos en las prescripciones baconianas y cartesianas, de hecho, la filosofía moderna adulta se inaugura con dos tratados metodológicos: el *Novum Organon* de Francis Bacon, y el *Discurso del Método* de Rene Descartes. La filosofía del siglo XVII adopta un tono severo muy próximo al de las ciencias, y mantiene con estas una estrecha relación.

Para el progreso del pensamiento, especialmente de las ciencias, fue considerable la creación de las Academias, que contrastaba con el envejecido y anquilosado de las Universidades. A partir del siglo XVII la ciencia adquiere un ímpetu y una influencia sobre la vida humana que antes no poseía, se inicia lo que podría llamarse la profesionalización de la filosofía en ciencia. Este es el primer siglo en que se puede distinguir, aunque no con precisión, estos dos tipos de sabios: científicos y filósofos. En este momento los filósofos ya no pueden considerarse "hombres de ciencia". A partir del siglo V A. C. Cuando surgieron los primeros filósofos naturales, y hasta bien entrado el siglo XVI D.C., la ciencias y la filosofía fueron la misma cosa, tuvieron el mismo nombre: filosofía natural, y fueron cultivadas sin distinción desde Tales de Mileto hasta Leonardo Da Vinci. Naturalmente, al iniciarse la separación entre científicos y filósofos, la nueva especie que predominó por buen tiempo fue la híbrida. Sin embargo, los hombres del siglo XVII, tenían ya su vista dirigida al futuro y sus esperanzas en este mundo, diferente de los de la Edad Media.

El profeta de la nueva filosofía era Francis Bacon (1561-1626), quien llegó a prometer que la nueva filosofía conduciría a la *Instauratio Magna*, la restauración de todas las cosas por la ciencia. Propuso el método inductivo, que suponía reunir gran cantidad de hechos, a los que se llegaba por medio de la observación y la experimentación. El método baconiano surgió como un intento de corregir las deficiencias de la teoría aristotélica clásica, pero en realidad solo aportó un procedimiento para hacer inducciones graduales y progresivas, y un método de exclusión. Otra gran contribución fue su insistencia en que el conocimiento científico no solo conduce a la sabiduría, sino al poder, y que la mejor ciencia es la que se institucionaliza y se lleva a cabo por investigadores.

La innovación más fructífera fue la conjunción del sistema deductivo de Descartes con el método inductivo de Bacon. Lo que provocó en gran parte

la explosión científica del siglo XVII fueron los dos sistemas: la reunión de los "hechos" de Bacon y la luz del análisis cartesiano.

### **De La revolución copernicana a newton**

(...) Una serie de características específicas de esa época tuvo efectos más concretos sobre la astronomía. El Renacimiento fue un periodo de viajes y exploraciones. Las necesidades de la exploración contribuyeron a crear una demanda de astrónomos competentes, con lo que, hasta cierto punto, cambio la actitud de estos hacia su propia ciencia. Cada nuevo viaje revelaba nuevos territorios, nuevos productos y nuevos pueblos. Los hombres no tardaron en comprender hasta que punto podía ser erróneas las antiguas descripciones de la tierra.

(...) Las discusiones en torno a las reformas de los calendarios tuvieron un efecto más directo y dramático en la práctica de la astronomía renacentista, pues el estudio de aquellos enfrentó a los astrónomos con la inadecuación e insuficiencia de las técnicas de computación que se venían empleando. Dicha reforma se convirtió entonces en un proyecto oficial de la Iglesia. (...) El calendario gregoriano, adoptado por primera vez en 1582, se basaba sobre el establecimiento de cálculos fundados en Copérnico. Puede comprenderse entonces porque la revolución copernicana se realizó ocurrió precisamente en ese momento. El humanismo también desempeñó un papel de carácter intelectual.

(...) la época del Renacimiento fue la menos dotada de espíritu crítico que haya conocido el mundo. Es la época de la más burda y profunda superstición, una época en que la creencia en la magia y en la brujería se propagó de una manera prodigiosa y estuvo infinitamente más extendida que en la Edad Media.

(...) el gran enemigo del Renacimiento, desde el punto de vista filosófico y científico, fue la síntesis aristotélica, y se puede decir que su gran obra es la destrucción de esta síntesis. (...) La credulidad, la creencia en la magia, parecen consecuencias directas de esta destrucción. Efectivamente, después de haber destruido la física, la metafísica, y la ontología aristotélicas, el Renacimiento se encontró sin física y sin ontología, es decir, sin posibilidad de decidir con anticipación si algo es posible o no. (...) Una vez que esta ontología es destruida y antes de que una nueva, que no se elabora hasta el siglo XVII, haya sido establecida, no hay ningún criterio que permita decidir si la información que se recibe de tal o cual "hecho" es verdadera o no. De esto resulta una credibilidad sin límites.

Una de las características del humanismo, el desapego de lo mundano, derivaba de una tradición filosófica que ejerció gran influencia en los primeros padres de la Iglesia, eclipsada después del siglo XII con el redescubrimiento de Aristóteles: el neoplatonismo. Dicha tradición, descubría la realidad no en las cosas efímeras de la vida cotidiana, sino en un mundo espiritual exento de todo cambio:

El neoplatonismo pasó de un salto desde el cambiante y corruptible mundo de la vida cotidiana al mundo eterno del espíritu puro, y las matemáticas

mostraron la forma de llevar a cabo su cabriola. En el universo de Platón, la divinidad se hallaba convenientemente representada por el sol, que proporcionaba luz, calor y fertilidad.

(...) La publicación del *De Revolutionibus orbium caelestium* inaugura un profundo cambio dentro del pensamiento astronómico y cosmológico. De ella se deriva un enfoque nuevo de la astronomía planetaria

### **La Revolución Copernicana y La Iglesia**

La Iglesia jugó un importante papel en la época cuando todas las obras en las que se admitía el movimiento de la tierra, se prohibió a los católicos enseñar, e incluso leer, las teorías copernicanas.

La teoría copernicana planteaba algunos problemas de enorme importancia para los cristianos, obviamente de índole teológicos. Dirigentes como Lutero y Calvino blandieron las Escrituras contra Copérnico e incitaron a la represión contra sus seguidores, pero en general el protestantismo abandona la lucha una vez que las teorías de Copérnico se vieron confirmadas con pruebas indiscutibles.

Durante los sesenta años posteriores a la muerte de Copérnico, la oposición de los católicos a su teoría fue mínima comparada con la desplegada por los protestantes. Durante los siglos XIV, XV y XVI la Iglesia no impuso doctrina alguna a sus fieles en materia de cosmología.

### **Camino al nuevo universo**

Rasgos que caracterizaron a la ciencia moderna: 1º, la destrucción del cosmos y, por consiguiente, la desaparición en la ciencia de todas las consideraciones fundadas en esta noción; 2º la geometrización del espacio, es decir, la sustitución de la concepción de un espacio cósmico cualitativamente diferenciado y concreto, el de la física pregalileana, por el espacio homogéneo y abstracto de la geometría euclidiana.

Divide la transición a la ciencia moderna en tres etapas o épocas, que corresponden a tres tipos diferentes de pensamiento: primero, la física aristotélica; a continuación, la física del ímpetus, salida, como todo el resto, del pensamiento griego y elaborada en el curso del siglo XIV por los nominalistas parisienses; Finalmente, la física moderna, matemática, del tipo de Arquímedes o Galileo.

La física del ímpetus progresó mucho en los trabajos de Galilei, bajo la influencia innegable de Arquímedes y Platón, sin embargo, encuentra que es imposible matematizar, es decir, transformar en concepto exacto, matemático, la grosera, vaga y confusa teoría del ímpetus.

El atomismo comenzó a resurgir intensamente a partir del siglo XVII, y mezclado con el copernicanismo se convirtió en uno de los principios fundamentales de una nueva filosofía que guiaba la imaginación científica.

Durante el proceso conocido como Revolución Científica que llevó a la instauración de la ciencia moderna, hemos visto como la filosofía aristotélica propia del medioevo y que representaba la autoridad de la Iglesia, fue reemplazada por el neoplatonismo; cómo el principio de autoridad que ejercía la Iglesia a través de las Escrituras y los textos, tanto religiosas

como filosóficas y científicas, fue reemplazado por otros nuevos criterios de verdad, con la teoría –hipótesis–, y la observación de la realidad; cómo la filosofía y las ciencias se van paulatinamente diferenciando y distanciando hasta convertirse en disciplinas diferentes; en el campo del lenguaje fueron mutando conceptos que facilitaron la comprensión de la realidad, como por ejemplo el concepto de ímpetus en el de inercia, para dar finalmente con la Ley de Gravitación Universal; pero fundamentalmente, la revolución científica representa y contribuyó significativamente a la visión del universo que aun hoy en la actualidad tenemos, y que es uno de los pilares de la modernidad.

## **7. Revolución científica aplicada**

### Instituciones Científicas

En estas se crearon instituciones como las primeras sociedades científicas realmente significativas y estables.

### **Laboratorios.**

Hay indicios de que el laboratorio estaba inicialmente ligado exclusivamente con la alquimia/química; solamente de manera gradual, parece, se extendió el término para describir todos aquellos lugares en donde tenía lugar la investigación mediante manipulaciones de los fenómenos naturales. No obstante, sin duda que cualquier exposición con pretensiones de completud acerca del desarrollo del laboratorio en los orígenes de la ciencia moderna debe incluir no sólo el laboratorio químico, sino también el teatro anatómico, el gabinete de curiosidades, el jardín botánico y el observatorio astronómico.

La aparición del laboratorio es indicativa de un nuevo modo de investigación científica, uno que involucra la observación y manipulación de la naturaleza mediante instrumentos especializados, técnicas y aparatos que requieren de habilidades manuales, al igual que de conocimiento conceptual para su construcción y explotación. Fue uno de los rasgos distintivos de la nueva ciencia que emergió de los siglos XVI y XVII.

### **Academias.**

Las primeras academias surgieron en Italia del siglo XV. Los trabajos de aquellas primeras academias eran de alcances enciclopédicos. Mientras la Academia Platónica de Florencia se dedicaba principalmente a la filosofía, los estudios de la Academia Romana se enfocaron más hacia el conocimiento clásico la arqueología, y la gran labor de la Academia Veneciana consistía en hacer asequibles para toda Europa tesoros del pensamiento y literatura griegos imprimiendo ediciones de esos clásicos.

Entre las del siglo XVII surgieron las primeras que podríamos denominar "modernas". Comenzando con la Academia dei Lindei en Roma (1601-1630). La idea era establecer "monasterios comunales científicos, no monacales", no solamente en Roma, sino en todo los confines del globo. Habría una biblioteca, un museo y una imprenta, además de instrumentos científicos, jardines botánicos o laboratorios.

Surgió después la Academia del Cimento (cimento significa experimento) de Florencia (1657-1667), en la que nueve científicos (la mayor parte discípulos de Galileo) se esforzaron durante una década en construir instrumentos, desarrollar sus habilidades experimentales y buscar verdades básicas.

De Italia el modelo de las academias se fue extendiendo a Inglaterra, con la Royal Society (1660), que llegó a presidir Newton; a Francia con la Académie des Sciences (1666); a Alemania con la Academia de Berlín (1700). Comenzaba de esta manera una nueva era de la ciencia.

### **Comunicaciones científicas.**

El siglo XVII fue entonces cuando los medios de transporte y comunicación mejoraron considerablemente, expandiéndose su utilización. Así la diligencia, que fue introducida en Londres en 1608, se difundió rápidamente por el país y en 1685 había un sistema de servicio de diligencias entre Londres y las estaciones terminales importantes de toda Inglaterra, que llegaban hasta Edimburgo. El desarrollo de las comunicaciones fue similar. A mediados del siglo XVII se creó en Inglaterra una oficina postal general para la correspondencia privada. Las relaciones postales internacionales mejoraron continuamente, de modo que a fines del siglo la comunicación con el continente europeo era constante y regular. Así, la correspondencia entre los científicos, que constituyó el único medio de comunicación científica a principios del siglo XVII, se vio facilitada por las mejoras en el servicio postal.

Revistas

Otro medio de comunicación y difusión científica, desarrollado durante la revolución científica, fueron las revistas donde se publicaron descripciones de muchas de las principales investigaciones de la época.

### **La Tecnología**

Antes del siglo XIX la ciencia y la tecnología eran actividades esencialmente separadas. Lo que no impidió que ambas avanzaran. Se trata de una coincidencia el que la Revolución Científica comenzada durante el siglo XVII y desarrollada en el XVIII, haya precedido a las revoluciones industriales que se diseminaron por Europa durante los siglos XVIII y XIX. Hasta la segunda mitad del siglo XIX las innovaciones tecnológicas importantes casi nunca provinieron de las personas, las instituciones, o los grupos sociales que trabajaban para las ciencias.

Aunque los científicos hicieron algunas incursiones en la tecnología, quienes verdaderamente contribuyeron al desarrollo tecnológico fueron predominantemente los maestros de oficios, los artesanos, los trabajadores y los ingeniosos inventores, individuos que basaban sus innovaciones en la experiencia. Aunque no fuese ciencia aplicada, existía tecnología.

## **8. Conclusión**

Una revolución implica de manera inmediata, un cambio es por esto, lo representativo de la revolución científica. La misma represento la sustitución del paradigma existente de la ciencia antigua, la cual se vio fuertemente cuestionada por los nuevos lineamientos estipulados por los "teóricos de la ciencia" encaminados primordialmente por Nicolás Copérnico. Tanto así que esto dio lugar a fuertes aplicaciones de la ciencia como tal, en la Creación de asociaciones científicas en el orden de laboratorios, academias, y hasta comunicaciones científicas.

Durante el proceso conocido como Revolución Científica que llevó a la instauración de la ciencia moderna, hemos visto como la filosofía aristotélica propia del medioevo y que representaba la autoridad de la Iglesia, fue reemplazada por el neoplatonismo; cómo el principio de autoridad que ejercía la Iglesia a través de las Escrituras y los textos, tanto religiosas como filosóficas y científicas, fue reemplazado por otro nuevo criterios de verdad, con la teoría -hipótesis-, y la observación de la realidad; cómo la filosofía y las ciencias se van paulatinamente diferenciando y distanciando hasta convertirse en disciplinas diferentes; en el campo del lenguaje fueron mutando conceptos que facilitaron la comprensión de la realidad, como por ejemplo el concepto de ímpetus en el de inercia, para dar finalmente con la Ley de Gravitación Universal; pero fundamentalmente, la revolución científica representa y contribuyo significativamente a la visión del universo que aun hoy en la actualidad tenemos, y que es uno de los pilares de la modernidad.