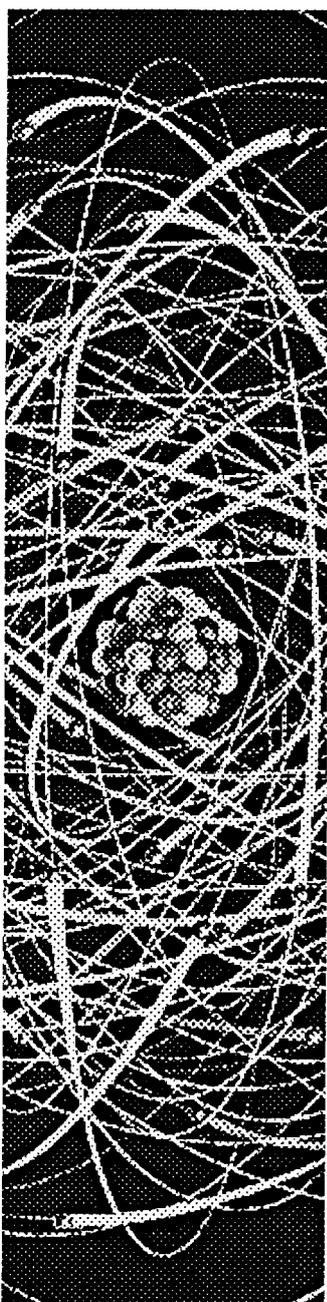


TEMA

1



CEDE

FÍSICA Y QUÍMICA

Desarrollo de los temas

***Principales concepciones de la ciencia.
Los grandes cambios: las revoluciones científicas.
La ciencia como un proceso en continua construcción: algún ejemplo en física o en química.
Los científicos y sus condicionamientos sociales. Las actitudes científicas en la vida cotidiana.***

elaborado por
EL EQUIPO DE PROFESORES
DEL CENTRO DOCUMENTACIÓN

GUIÓN - ÍNDICE

- 1. LAS PRINCIPALES CONCEPCIONES DE LA CIENCIA A LO LARGO DE LA HISTORIA**
 - 1.1. El mundo antiguo
 - 1.2. Renacimiento y Siglo XVII

- 2. LOS CONTENIDOS Y LOS MÉTODOS EN EL AVANCE CIENTÍFICO**
 - 2.1. Introducción
 - 2.2. Características del conocimiento científico
 - 2.3. Pautas de la investigación científica
 - 2.4. Concepciones del avance científico

- 3. LOS GRANDES CAMBIOS: LAS REVOLUCIONES CIENTÍFICAS**
 - 3.1. Introducción
 - 3.2. Revolución en la ciencia
 - 3.3. ¿Qué es una revolución científica?

- 4. LOS CIENTÍFICOS Y SUS CONDICIONAMIENTOS SOCIALES**

- 5. LAS ACTITUDES CIENTÍFICAS EN LA VIDA COTIDIANA**

BIBLIOGRAFÍA COMENTADA

BERNAL, J.D. **Historia Social de la Ciencia.** Ed. Península (4ª ed.). Barcelona, 1976.

Este libro, dos tomos, es un clásico sobre el tema que, aunque se ha quedado un poco anticuado, presenta la gran ventaja de que ofrece una panorámica general que no se ciñe únicamente a la historia interna de la Ciencia.

BUNGE, M. **La Ciencia, su método y su filosofía.** Ed. Siglo Veinte. Buenos Aires, 1978.

Pequeño libro en extensión, pero que ofrece una excelente síntesis de los conceptos fundamentales del tema que trata.

COHEN, J.B. **Revolution in Science.** Belknap Press (Harvard University Press). Cambridge, Mass. U.S.A., 1985 (existe traducción al español en Ed. Gedisa, 1990).

Excelente texto de uno de los grandes autores en Historia y Filosofía de la Ciencia, que ofrece una recopilación acerca de la concepción revolucionaria en el desarrollo científico.

CHALMERS, A.F. **¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?** Ed. Siglo XXI de España Edits., S.A. Madrid, 1984.

Excelente síntesis de los conceptos fundamentales de la Filosofía de la Ciencia. Imprescindible para tratar el tema.

CHALMERS, A.F. **La Ciencia y como se elabora.** Ed. Siglo XXI de España Edits., S.A. Madrid, 1992.

Continuación de la referencia anterior, con una exposición en la misma línea pero sin duda inferior respecto al primero de los citados del mismo autor.

GEYMONAT, L. **El pensamiento científico.** EUDEBA. Buenos Aires, 1961.

Magnífica síntesis de la historia del desarrollo del pensamiento científico.

HOLTON, G. (edición revisada y ampliada por Brush, G.), **Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas**. Ed. Reverté. Barcelona, 1976.

Texto imprescindible para el desarrollo de un tema fundamental de Física en el que se consideren tanto los contenidos estrictamente disciplinares como los relativos a Historia y Filosofía de la Ciencia relacionados con los anteriores.

KUHN, T.S. **La estructura de las Revoluciones Científicas**. Fondo de Cultura Económica (1ª ed. 2ª reimpresión). Breviario 213. Madrid, 1983.

Este libro es quizás el paradigma del texto clásico moderno en Filosofía de la Ciencia. El hecho de que esté escrito por un físico hace que no disminuya en ningún momento el interés de su estudio por un lector no especialista en el tema.

VALVERDE, J.M. **Vida y muerte de las ideas: pequeña historia del pensamiento occidental**. Ed. Planeta. Barcelona, 1980.

Excelente síntesis de la Historia de la Filosofía, y cuya consulta es muy útil para enmarcar filosóficamente el desarrollo del pensamiento científico.

ZIMAN, J. **La fuerza del conocimiento. La dimensión científica de la sociedad**. Alianza Editorial (LB 765). Madrid, 1980.

ZIMAN, J. **La credibilidad de la Ciencia**. Alianza Editorial (LB 839). Madrid, 1981.

Estos dos textos del mismo autor presentan, con una redacción precisa y amena, un tema que corresponde a la denominada "Sociología de la Ciencia", y en concreto a lo referente al impacto de la Ciencia en la sociedad. Imprescindibles para el desarrollo del tema.

1. LAS PRINCIPALES CONCEPCIONES DE LA CIENCIA A LO LARGO DE LA HISTORIA

1.1. EL MUNDO ANTIGUO

El pensamiento científico surgió embrionariamente en Asiria y Egipto como resultado de la interacción entre el oficio de los artesanos y el saber sacerdotal; fue en sus inicios una **Mitología racionalizada**, que fundamentalmente se refería a la observación astronómica y a las técnicas de agrimensura. Es durante la Civilización Griega (\cong S. VI adC) cuando adquiere algunas de sus características modernas, cómo el remontarse a Principios generales y el estudio de los problemas mediante la razón; esto es, aparece la exigencia de un “saber racional”, que busca una fundamentación general para sus enunciados y sus “inevitables” consecuencias.

La causa del origen de este salto hacia la racionalización no es inmediato; Aristóteles lo cifró, en su *Metafísica*, cómo que “... *lo que originariamente impulsó a los hombres hacia las primeras investigaciones fue el asombro*”. Existen autores que lo cifran en el resultado de la influencia determinante del entorno socio-económico, al cual atribuyen su surgimiento y también la acotación de su limitado desarrollo. La cuestión sigue abierta, pero parafraseando a Aristóteles, podría expresarse sintéticamente el desarrollo del Pensamiento Científico, cómo el tránsito entre el asombro inicial hasta el asombro opuesto, el que se derivaría de, una vez comprendidas las razones del asombro inicial, constatar que no podrían ser de otra forma (Geymonat).

La primera técnica que se utilizó para “dominar” y explicar los fenómenos naturales fue el Lenguaje, mediante la utilización de antinomias y paradojas, entre las que la de “Aquiles y la tortuga” es de las más conocidas. Sin embargo se era consciente de las insuficiencias del lenguaje común para el estudio de la Naturaleza, y por tanto de la necesidad de generar otros lenguajes más idóneos para el propósito anterior. Un germen de este salto se encuentra en los trabajos de Tales, Euclides y Pitágoras; el texto de Euclides “Los Elementos” puede considerarse un pre-texto científico dada su técnica expositiva rigurosa, que si bien no está desprovista del lenguaje común, utiliza un método lógico-deductivo a partir de Principios generales.

De la constatación de la insuficiencia del lenguaje común, se planteaban dos opciones:

- a) Perfeccionar o construir otros lenguajes para estudiar la realidad física.
- b) Buscar nuevos caminos para conducir al Hombre fuera de sus límites, hacia el encuentro de Verdades absolutas, indestructibles, eternas: la denominada **Tentación Metafísica**.

La opción dominante fue la segunda, que cristalizó en la **Metafísica platónica**, cuyo núcleo es la **Teoría de las Ideas** con el objetivo de captar al Ser puro e inmutable, más allá de los Fenómenos naturales. Sus presupuestos básicos pueden resumirse en:

- 1) Existen entes subyacentes a los Fenómenos naturales, que son o forman la verdadera realidad del Mundo.
- 2) El medio para aprehender a estos entes no es el lenguaje común, sino los entes en sí mismos.

Obviamente el Idealismo platónico es antagónico a las Ciencias empíricas, dado que cualquier conocimiento generado mediante la experimentación, es ajeno al Ser absoluto por su limitación e imperfección, y por tanto puede considerarse "impuro". La Metafísica platónica es incapaz de desvincular el problema filosófico del Ser general y perfecto, del estudio de los seres particulares y variables, e incluso contingentes e imperfectos.

Sin embargo, debido a las características de la concepción platónica, sí fue acicate para el desarrollo de las Matemáticas, y en particular del estudio geométrico de formas y figuras "ideales", así como de aquellas ramas de las Ciencias experimentales que posibilitan bien clasificaciones (p.ej. Botánica, Zoología), o bien un estudio lógico-deductivo, "geometrizado", como la Óptica geométrica (Euclides), Acústica (Pitágoras) o la Astronomía matemática (Ptolomeo, en el S. II dC). En Medicina (Hipócrates), predominan las técnicas empíricas, la descripción y la clasificación. En el área tecnológica, si bien en la época Alejandrina hubo un notable desarrollo de técnicas de construcción de ingenios mecánicos (Herón), no se avanzó más allá de una aplicación inmediata (p.ej. traída y transporte de Agua) y del mero divertimento.

Es en la Metafísica platónica, donde se puede encontrar el freno ideológico-filosófico que tuvo el desarrollo de una Ciencia Física en el Mundo Antiguo. Los problemas que surgen de la observación de los fenómenos naturales se analizan y debaten con una visión totalizadora, metafísica, no trascendiendo en su resolución del "sentido común". Ahora bien pueden encontrarse otras causas concurrentes con la anterior, bien desde la Psicología, bien desde la consideración del grado de desarrollo de la estructura socio-económica de la organización social, en la que el predominio del esclavismo, haría innecesaria cualquier innovación tecnológica "sofisticada" para elevar la productividad laboral, lo que haría necesario un estudio científico de los procesos implicados, lo que a su vez, en un efecto de realimentación negativa, lastraría cualquier aplicación eficaz de ingenios descubiertos, como p.ej. ocurrió con la Turbina (eolípila) de Herón. En cualquier caso, la respuesta a la cuestión sigue abierta; una posible formulación, debe tener en cuenta que la insuficiencia referida no sólo se refiere a la Civilización Greco-Latina, sino que se extiende hasta el S. XVI en Europa, y en las restantes Culturas, a su desarrollo hasta su contacto, y consiguiente interacción, con la Cultura europea.

1.2. RENACIMIENTO Y SIGLO XVII

La decadencia de la Sociedad europea-mediterránea acarrea que, durante prácticamente un milenio, el desarrollo cultural en su conjunto quede reducido al estudio y transmisión del saber greco-romano, acentuándose la opción metafísica; que en este período recibe el sustento adicional del recurso a la Autoridad como consecuencia de la “cristianización” de la Metafísica platónica, de la unión de las Sagradas Escrituras y de los Metafísica greco-latina para originar la **Metafísica Tomista** (Sto. Tomás de Aquino), en la cual se consideran intocables los supuestos, los Principios dados por revelación sobrenatural, y sólo son discutibles los resultados que no se opongan a las enseñanzas de las “Autoridades” de épocas anteriores.

Es en el S. XV durante el Renacimiento en Italia, y posteriormente en el resto de Europa, cuando se puede fechar el nacimiento de la Ciencia empírica, que cristalizará en el S. XVII de la mano de Kepler, Galileo y, fundamentalmente, Newton. Esta germinación está ligada al descubrimiento de las técnicas de control y dominio del curso de una experiencia programada, así como a la posterior elaboración de los resultados; como expresó Galileo, está unida a la realización de “experiencias sensibles y demostraciones necesarias”. La razón de su surgimiento hay que encontrarla tanto en la crítica epistemológica del Tomismo, como en las necesidades tecnológicas (Hidráulica, Construcción, Defensa, Navegación), que se derivan del florecimiento de las ciudades y de la economía mercantil, en resumen, del surgimiento de la sociedad burguesa.

El nuevo espíritu generado, el **Espíritu Científico**, está caracterizado por:

1) La introducción de una instancia racional en el estudio y resolución de los problemas planteados, lo que acarrea:

- a) Un lenguaje propio, claro y preciso, tanto conceptual como operacional.
- b) Una Metodología de actuación que incluya el contraste experimental.

2) La conciencia de que el pleno desarrollo de esta nueva forma de actuación sobre la Naturaleza, conlleva la necesidad de la más amplia colaboración y difusión. Es en este período donde se fundan las primeras Academias Científicas, como foros de debate de las nuevas ideas.

3) La asunción de que el Conocimiento Científico no es una derrota de la Razón humana, sino un refuerzo y complemento de ésta; no sólo se explica a la Naturaleza, sino que se la domina y transforma para beneficio de la Humanidad. Es en este aspecto, donde es fundamental la aportación de Bacon.

Es pues durante el período que va desde el S. XV hasta el S. XVII, lo que configura la denominada **Revolución Científica**, donde se da el tránsito desde la *actitud pasiva y autojustificante* de la Metafísica hasta la *actitud activa y autoexigente* de la Ciencia. La culminación de este tránsito, es sin duda la obra de Newton, que en sus dos textos fundamentales explicita los dos rasgos metodológicos característicos de la Ciencia empírica:

- 1) Aplicación sistemática y coherente del lenguaje matemático (en los **Principios Matemáticos de la Filosofía Natural**, 1686).
- 2) Experimentos controlados, como prueba y contraste de Hipótesis ajenas a Principios metafísicos (en la **Óptica**, 1704).

Obviamente aunque lo reseñado en el párrafo anterior es una caracterización simple y esquemática del Conocimiento Científico, sí son los rasgos fundamentales que le independizan de la tutela de la Metafísica. A partir de esta época, es la Ciencia la que progresivamente va marcando el sendero a la Metafísica, y a la Filosofía en general, si bien la dilucidación de la naturaleza del Conocimiento Científico y su desarrollo, no es ni sencilla ni simple; tal es el objetivo del próximo capítulo.

2. LOS CONTENIDOS Y LOS MÉTODOS EN EL AVANCE CIENTÍFICO

2.1. INTRODUCCIÓN

Dar una definición de Ciencia (del latín *scire*: saber, aprender) es difícil (para Mach, es indefinida y variable). Podría definirse a la Ciencia como *un conjunto de conocimientos racionales, sistemático, exacto, verificable, y por tanto falible, y consiguientemente revisable*. El desarrollo del Pensamiento Científico es *una actividad social, sin fin único, y con el objetivo de producir nuevos conocimientos, y no necesariamente de tener aplicaciones tecnológicas* (Bunge).

En cuanto al objeto del estudio, las Ciencias pueden clasificarse en **Ciencias Formales** y en **Ciencias Empíricas**, mostrando diferencias en sus enunciados, métodos y referentes:

- **Las Ciencias Formales** son racionales, sistemáticas y verificables, *pero no objetivas* al no informar acerca de hechos sino de entes ideales. Estudian *objetos formales*, contruidos por ellas mismas, no necesariamente con referencia a la realidad. Sus enunciados son formales, entre símbolos y signos, con reglas de correspondencia adecuadas. Su Método es *lógico-deductivo*; los **Axiomas** son los que determinan el criterio de Verdad. Las Ciencias Formales demuestran o prueban internamente sus enunciados, que configuran Sistemas perfectos.

– **Las Ciencias Empíricas** son también racionales, sistemáticas y verificables, pero además *son objetivas*; su estudio tiene por objeto la *realidad objetiva*. Sus enunciados se refieren a sucesos y procesos naturales. Su Método no es único, pero tiene una última componente referida al *contraste experimental*, como medio para verificar, confirmar o no, definitiva o temporalmente, Hipótesis provisionales, que configuran Sistemas perfectibles. En los siguientes apartados se considerarán detalladamente las características referidas y otras, referentes a su desarrollo.

2.2. CARACTERÍSTICAS DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

En este apartado se desarrollarán detalladamente las características del Conocimiento Científico (CC), en el área de las Ciencias Empíricas (Bunge).

- 1) **El CC es fáctico:** parte y vuelve a los hechos empíricos, a los datos de las experiencias acerca de los Fenómenos naturales.
- 2) **El CC trasciende a los hechos:** racionaliza los resultados de las experiencias, no inventariándoles, sino explicándoles mediante Hipótesis y Teorías que hacen germinar nuevos conceptos. No son los hechos en sí, sino su elaboración teórica y la comparación de las consecuencias con los datos empíricos, lo que genera el avance científico.
- 3) **El CC es analítico:** aborda problemas concretos y trata de descomponerlos en elementos más simples, teniendo conciencia de sus interconexiones. Las soluciones a los problemas parciales, se incorporan en Síntesis conceptuales más amplias (Teorías), que dan respuesta a problemas más generales.
- 4) **El CC es especializado:** como resultado del enfoque analítico surge la especialización, pero la unidad metodológica posibilita la interdisciplinaridad.
- 5) **El CC es claro y preciso:** problemas distintos tienen soluciones claras y carentes de ambigüedad, que se contraponen a las del conocimiento ordinario, que son vagas y frecuentemente inexistentes. El CC va más allá del “sentido común” organizado, aunque su origen seminal se encuentre en éste. Sus definiciones son rigurosas, no convencionales, mediante un lenguaje construido expreso, el matemático; los conceptos se definen en términos de las posibles operaciones que permiten su cuantificación (**definiciones operacionales**); el lenguaje matemático, si bien opera en un Mundo hipotético de signos y formas, se justifica en cuanto que posibilita la adquisición de nuevos conocimientos acerca del Mundo real, y dota de racionalidad al Conocimiento Científico.

6) **El CC es comunicable:** no es inefable ni privado, sino expresable y público. Su comunicabilidad es condición necesaria para su verificación independiente. Ahora bien, hay que diferenciar entre la **Ciencia privada** y la **Ciencia pública**; en la primera de las citadas, los Conceptos y Teorías emergentes se encuentran en el ámbito privado de los científicos, no existiendo una depuración como resultado del contraste experimental, o de la crítica de la Comunidad Científica. La Ciencia pública, sin embargo está formalizada y sistematizada, aceptada por la Comunidad Científica. En el desarrollo del CC, la C. pública absorbe a la C. privada.

7) **El CC es verificable:** el contraste empírico es el test de Verdad de las Hipótesis científicas, si bien no existe una Metodología única para la validación de los enunciados científicos.

8) **El CC es metódico:** no es errático sino programado, aún cuando el azar no quede excluido. El CC está asentado sobre conocimientos previos, y utiliza para su desarrollo reglas y técnicas contrastadas, que no son englobables en un Método científico único, dogmatizado.

9) **El CC es sistemático:** está dotado de una interconexión lógica entre sus integrantes, conjuntos de Hipótesis verificables (Teorías) fundamentadas en Principios generales. Como se tratará en el siguiente Capítulo, la sustitución de los Principios y de las Teorías por otros/as da lugar a los grandes cambios en la Ciencia, a las Revoluciones Científicas.

10) **El CC es general:** ubica los hechos singulares en Esquemas generales, y los enunciados particulares integran enunciados más amplios. El CC presupone que los hechos particulares son clasificables, así como que la variedad/diversidad es compatible con la generalidad/uniformidad, y es en esta dialéctica donde se encuentra la búsqueda de lo Universal: lo general sirve para adentrarse en lo concreto, y viceversa, en una búsqueda sin fin de un Modelo, de un Orden, de un Sistema, de...

11) **El CC es legal:** inserta los hechos particulares en pautas generales, las Leyes, que son contrastables empíricamente e incluyen una formulación matemática; mediante variables relevantes se busca la formulación de relaciones invariantes mediante la confirmación de Hipótesis; aún en esta tarea, se es consciente de la transitoriedad y provisionalidad de las Leyes.

12) **El CC es explicativo:** explica los hechos singulares en términos de Leyes, y las Leyes en términos de Principios. No busca tanto explicar el por qué último de los

hechos, la Causa metafísica, sino explicar el cómo ocurren, las causas morfológicas, cinemáticas, dinámicas; la composición, conservación, asociación, tendencias, etc...

13) **El CC es predictivo:** trasciende los hechos empíricos hacia el pasado y el futuro, lo cual es el Test de prueba de Hipótesis, y el de control y modificación de las Teorías. La predicción es ajena a la profecía, al fundamentarse aquélla en Leyes contrastadas. La predicción es perfectible, las profecías no lo son. La predicción errónea contribuye al avance del CC, mientras que la profecía, sea cual sea su acierto, no lo hace.

14) **El CC es abierto:** no existen barreras a priori para la refutación de los enunciados científicos; no existen Axiomas a priori. El Conocimiento no científico es dogmático y acotado, en oposición al CC, controvertido y abierto, ajeno a un esquema seguro e infalible, y por consiguiente es autocorrectivo y capaz de progresar.

15) **El CC es útil:** su utilidad deriva de su objetividad en la búsqueda de la verdad. El carácter de utilidad ha hecho del CC una Fuerza Productiva directa como resultado de su realimentación positiva con la Tecnología, a la cual ha independizado de su origen artesanal. La Técnica es el resultado del enfoque científico de los problemas prácticos, y, junto a la propia dinámica interna de la Ciencia, es el motor externo de ésta. Hay que reseñar que, junto con la aplicación tecnológica, la Ciencia es también útil en cuanto edificadora de concepciones del Mundo, de Cosmovisiones, que son una palanca para un examen libre y no dogmático de los hechos. Por tanto, la Ciencia es una actividad social que modifica a la Sociedad, y a la propia Ciencia, en áreas insospechadas en el momento de germinación de los nuevos Conceptos y Teorías.

16) **El CC es progresivo:** está sujeto a crecimiento continuo y constante. Los mecanismos de crecimiento pueden agruparse en dos:

- a) Mecanismos de **continuidad**, que explota a las Teorías vigentes y aceptadas.
- b) Mecanismos de **mutación**, mediante la superación de las Teorías vigentes, lo que se desprende del carácter abierto del CC.

En ambos mecanismos opera *la multiplicidad de esfuerzos y la selección de Hipótesis*.

2.3. PAUTAS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

En este Apartado se realizará una síntesis de lo considerado en el Apartado anterior, sin ánimo de establecer un "recetario", que sería ajeno a cualquier Metodología científica.

Pueden sintetizarse los contenidos de las Ciencias empíricas en tres apartados amplios, con una relación mutua que hace que carezcan de significado por separado:

- Conceptos definidos operacionalmente, con unas Reglas de correspondencia entre Conceptos y la Realidad observable.
- Relaciones entre Conceptos, o resúmenes generales de hechos, llamados Principios, Teorías y Leyes.
- Gramática para expresar definiciones y relaciones entre los conceptos, que puede desdoblarse en una Lógica del lenguaje (Álgebra) y en una Lógica matemática (Análisis).

Los objetivos de una Teoría Científica son:

- Relacionar innovadoramente hechos independientes, en un Esquema conceptual estructurado lógicamente.
- Predecir nuevos Fenómenos observables y resolver problemas prácticos.
- Requerir menos Hipótesis, o supuestos básicos de análisis, que anteriores Teorías (Principio de Economía).
- Ser Suficiente flexible para ser capaz de desarrollarse, modificarse o acotarse.

Einstein resumió lo anterior de la forma: *Una Teoría debe tener "Confirmación externa y perfección interna"*.

Como colofón de este apartado se establecerá la pauta, la ruta de seguimiento y de progreso en la Investigación Científica:

1. Planteamiento del problema

- 1.1. Reconocimiento, clasificación y selección de los hechos.
- 1.2. Descubrimiento del Problema.
- 1.3. Formulación del Problema en su núcleo significativo.

2. Construcción de un modelo teórico

- 2.1. Selección de los factores pertinentes, y de sus variables correspondientes.
- 2.2. Invención de las Hipótesis centrales y de las suposiciones auxiliares.
- 2.3. Formulación matemática.

3. Dedución de consecuencias particulares

- 3.1. Búsqueda de soportes racionales: deducción de consecuencias particulares que sean verificables en áreas cercanas.

3.2. Búsqueda de soportes empíricos: predicciones sobre la base del Modelo teórico y de los datos empíricos.

4. Prueba de las hipótesis

- 4.1. Diseño de la prueba (medios, operaciones, observaciones, etc.).
- 4.2. Ejecución de la prueba y recolección de los datos.
- 4.3. Elaboración de los datos (clasificación, análisis, evaluación).
- 4.4. Inferencia de las conclusiones, a partir de la interpretación de los datos con el Modelo teórico.

5. Introducción de las conclusiones en la teoría

- 5.1. Comparación de las conclusiones con las predicciones, de los resultados de la prueba con el Modelo teórico.
- 5.2. Reajuste del Modelo: corrección o reemplazo.
- 5.3. Sugerencias para un trabajo de investigación posterior: búsqueda de lagunas o errores en la Teoría, así como de posibles extensiones del Modelo.

El esquema anterior puede entenderse como una guía para la acción científica, pero obviamente no es tan sencilla ni su aplicación, ni aceptar su validez para explicar el avance científico. De hecho, desde el momento en que no existe un Método Científico standard, aceptado unánime y universalmente por la Comunidad Científica, el debate acerca de como progresa el Conocimiento Científico está abierto, permanentemente abierto; esta controversia es el tema del próximo apartado.

2.4. CONCEPCIONES ACERCA DEL AVANCE CIENTÍFICO

Las características reseñadas del Conocimiento Científico son, por su generalidad, asumibles prácticamente en su totalidad por filósofos e historiadores de la Ciencia. La controversia se plantea en lo relativo a la génesis, desarrollo y consolidación del Conocimiento Científico. A continuación se tratarán los aspectos fundamentales de cada uno de los principales enfoques a la cuestión referida, siendo conscientes de que el tema sigue abierto, y que no tiene una única y definitiva respuesta. La respuesta más inmediata es la que viene en denominarse “**Empirismo ingenuo**”, según el cual el Conocimiento Científico admisible se deriva estrictamente de la observación y de la experimentación. La observación libre de prejuicios de un Fenómeno daría lugar a **Enunciados Singulares**, cuya posterior generalización daría lugar a los **Enunciados Generales**, que se aplicarían a todos los Fenómenos análogos en el Universo.

El problema intrínseco a esta concepción, radica en la posibilidad o justificación de “la posterior generalización”, esto es, el paso que va desde un número necesariamente finito de

Enunciados Singulares, hasta la formulación de uno o varios Enunciados Generales, que configurarían Leyes y Teorías, supuestamente universales (el paso aludido es lo que se denomina **Principio de Inducción**). Las condiciones que hacen aceptable este paso son:

- a) Un número elevado (?) de Enunciados Singulares.
- b) Observaciones repetidas en diferentes condiciones de las variables relevantes.
- c) No existencia de contradicción entre los Enunciados singulares y el Enunciado General.

Obviamente la controversia está ligada al número limitado, por muy elevado y variado que sea, de observaciones concretas que se puedan realizar.

Para la concepción empirista, el avance científico deriva de la constatación de que un Enunciado Singular, extraído de una experiencia concreta, no es asumido por el Enunciado General aceptado hasta ese momento. La situación implicaría que sería necesaria una Generalización con una mayor área de influencia; de esta forma, el avance científico se llevaría a cabo mediante una expansión en círculos concéntricos.

Respecto del problema que plantea la Inducción, existen dos posibles soluciones: o bien se admite que el P^o de Inducción es válido, y aunque no es justificable racionalmente sí lo es por sus resultados; o bien el P^o de Inducción no es válido. Obviamente mediante la primera opción se acaba el problema; centrémonos en la segunda.

El rechazo del P^o de Inducción no excluye que en el Conocimiento Científico exista una fuerte componente empírica y analítica; el rechazo viene de la negación de que este Conocimiento se restrinja únicamente al carácter bidimensional citado, sino que existe una dimensión adicional que determina, explícita o implícitamente, a las dos dimensiones citadas. Esta tercera componente está formada por "*suposiciones previas, ni empíricas ni lógicamente necesarias*" (B. Russell), o por "*nociones, juicios metodológicos, términos, decisiones,...* que no pueden desarrollarse directamente ni resolverse en observación objetiva por una parte, o en un raciocinio lógico, matemático o analítico formal" (G. Holton, que los denomina **Themata**).

Utilizando la terminología de Holton, los themata no pueden probarse o desaprobarse, afloran y se sumergen, forman el componente religioso, ideológico, filosófico, etc., que determina qué tipo de observaciones empíricas se realizan, seleccionándolas y orientándolas, e incluso, influyendo decisivamente en su interpretación.

En el Inductivismo existe una separación explícita, una independencia, entre el denominado **Modo de Descubrimiento**, ligado a la observación, y el **Modo de Justificación**, o elaboración teórica posterior, juzgada aséptica y libre de prejuicios. En la opción que rechaza el

boración teórica posterior, juzgada aséptica y libre de prejuicios. En la opción que rechaza el P \square de Inducción, se considera que la citada independencia no existe, por más que los themata no afloren, no se hagan explícitos, en ambos Modos. Esta circunstancia es patente en el análisis epistemológico de los grandes Esquemas teóricos: Teoría de la Gravitación, Atomismo, Teoría de la Evolución, Teoría de la Relatividad, Genética, Mecánica Cuántica, etc., en cuya aceptación no solamente están presentes los datos empíricos, sino también, y no de forma subordinada, las concepciones acerca de: plenitud/vacío; continuidad/discontinuidad; Dios “arquitecto”/Dios “motor”; azar/causalidad; determinismo/probabilidad; cuantificación/continuidad; etc. Holton considera que este sustrato implícito, los themata, configuran una **Ciencia Oculta**, que si bien no trasciende frecuentemente del ámbito privado, si tiene un papel decisivo en la configuración de la Ciencia pública, la aceptada por la Comunidad Científica.

Una concepción alternativa al Inductivismo, es el denominado Falsacionismo (K. Popper), según el cual, a partir de la observación empírica, que está presupuestada en los términos referidos en el párrafo anterior, se construyen las Teorías Científicas, que están basadas en conjeturas o suposiciones especulativas y provisionales, y que están sujetas a una posterior confirmación o refutación empírica. Para la concepción Falsacionista, la condición de que un Esquema teórico sea una Teoría o Ley Científica es que sea *falsable*, esto es, que sea susceptible de ser refutada empíricamente, lo que implícitamente quiere decir que el Esquema teórico suministra información concreta, mediante enunciados claros y precisos, acerca de la estructura del Universo, pero que podría ser de otra forma. P.ej. el enunciado “hay algunos días en los que aquí llueve” no es *falsable*, y sin embargo sí lo es “Hoy llueve aquí”.

En la concepción falsacionista la Ciencia progresa mediante ensayo y error; no hay Teorías verdaderas, pero sí superiores a las anteriores; esto es, las Hipótesis que contienen son más *falsables* que las de las anteriores, pudiendo predecir Fenómenos no previstos en las Teorías previas. Mientras que para la concepción Inductivista, la Confirmación es el criterio de “cientificidad” de una Teoría, para la Falsacionista, la confirmación nunca es definitiva para subvertir el carácter provisional de la Teoría; sí lo sería su *falsación* empírica.

Los problemas anejos al Falsacionismo surgen de las cuestiones: ¿Hasta qué punto pueden existir pruebas concluyentes de que una Teoría es errónea?; ¿Hasta qué punto se puede asegurar que una observación empírica *falsa* una Teoría, independientemente de un hipotético avance técnico que haga posible que la prueba sea más precisa, y confirme a la Teoría?; ¿Hasta qué punto la *falsación* de una Teoría deriva de una prueba experimental, y no de una deficiencia en el enunciado de la Teoría? De hecho, en la Historia de la Ciencia se observa que nunca una Teoría aceptada es rechazada por una no confirmación empírica; en la Comunidad Científica existe una resistencia a su derrocamiento, bien esperando que se realicen

nuevas experiencias que la confirmen, o bien introduciendo modificaciones ad hoc, que la haga acorde con lo observado.

En respuesta a las carencias del Inductivismo no solamente se ha generado el Falsacionismo, sino que existen otras opciones. La más radical es el denominado Anarquismo epistemológico (Feyerabend), según el cual, no existe una Metodología científica que suministre reglas adecuadas para guiar el desarrollo del Conocimiento Científico. Existen criterios, pero no reglas, pudiéndose resumir la situación en un “**Todo vale**”, que tiene dos consecuencias inmediatas:

- a) No tiene sentido la comparación de dos Teorías rivales, enunciadas a partir de criterios diferentes; son “inconmesurables”.
- b) No existe superioridad de la Ciencia respecto de otros campos del Conocimiento.

Así p.ej. la contraposición Astronomía-Astrología carece de sentido, dado que se parte de supuestos diferentes, y por consiguiente no existe una decisión lógica irrefutable que permita evaluar la supuesta “superioridad” de, en este caso, la Astronomía.

Otra opción frente al Inductivismo parte de la concepción de las Teorías Científicas como “**Totalidades estructuradas**”: están formadas por diferentes elementos interrelacionados, que a su vez extraen su significado de su papel en la Teoría, y que surgen en un contexto concreto, estando determinados por la historia anterior. Así p.ej. Lakatos considera que una Teoría, para que pueda desarrollarse, debe ofrecer necesariamente un **Programa de Investigación**, que guíe tal investigación en un doble plano: el *heurístico positivo*, que ensancha el “núcleo central” o supuestos básicos del Programa (Hipótesis generales); y el *heurístico negativo*, que delimita el campo de aplicación del Programa. El “núcleo central” estaría rodeado de un *cinturón protector* de Hipótesis y enunciados observacionales. Los Programas de Investigación podrían ser progresistas o degenerados, según conduzcan o no al descubrimiento de Fenómenos nuevos.

La alternativa al Inductivismo más conocida, y que ha generado un mayor debate y controversia, es la T.S. Kuhn, con su concepción de las **Revoluciones Científicas**. Debido a la importancia de la aportación de Kuhn, y a las ramificaciones posteriores, se desarrollará detalladamente, y con carácter general, en el próximo capítulo.

3. LOS GRANDES CAMBIOS: LAS REVOLUCIONES CIENTÍFICAS

3.1. INTRODUCCIÓN

El concepto de Revolución aplicado a una Teoría científica es antiguo: Lavoisier, 1773, y Darwin, 1859, se refirieron a sus propios trabajos como revolucionarios; Kant, en el Prefacio de la 2ª edición (1787) de la *Crítica de la Razón Pura*, se había referido a las Revoluciones que habían supuesto la obra de Tales y de Copérnico, en Matemáticas y en Física respectivamente. Sin embargo la concepción dominante acerca del desarrollo del Pensamiento Científico, es que progresaba por una acumulación más o menos regular, con etapas más intensas de lo normal (Newton, Darwin, Maxwell, etc.). El concepto de Revolución Científica fue “puesto de moda” por Kuhn en los últimos años de la década de los 50, con sus obras *La Revolución Copernicana* y *La estructura de las Revoluciones Científicas*.

La concepción de Kuhn parte de una crítica de la noción dominante acerca del crecimiento del Conocimiento Científico por acumulación, con el consiguiente desecho de Teorías, consideradas en su momento como científicas, como p.ej. la del Flogisto o la de Ptolomeo. Para Kuhn el análisis histórico del desarrollo científico debe hacerse en su contexto, teniendo presente las Cosmovisiones existentes, que no sólo son el resultado de observaciones empíricas, sino también del influjo del entorno ideológico, religioso, filosófico, social, etc., y en lo que existe algo arbitrario, no medible.

La actividad que desarrollan la mayoría de los científicos, desde una Cosmovisión aceptada y defendida por la Comunidad Científica, es lo que Kuhn denomina **Ciencia Normal**, que simplificando, es la que aparece en los libros de texto. Hay veces en que las expectativas de explicación y predicción de la Ciencia Normal no se cumplen, y surgen **Anomalías** que no pueden soslayarse, y que subvierten a la Ciencia aceptada; se originan investigaciones para-Normales, que pueden dar lugar a un nuevo Esquema conceptual. En este caso, estos episodios extraordinarios, fuera de la actividad ordinaria de la mayoría de los científicos (**Ciencia Extraordinaria**) y que dan lugar a cambios en la Cosmovisión, son denominados por Kuhn **Revoluciones Científicas**. El resultado es el surgimiento de una Teoría Científica que es incompatible con la anteriormente vigente, y que acarrea nuevos Problemas que resolver, con distintos Métodos y Normas que utilizar. La nueva Teoría supone una reconstrucción de la anterior, y una reevaluación de los hechos empíricos que estaban asumidos por la Ciencia Normal.

Para Kuhn lo que caracteriza a una Teoría Científica, son tanto sus logros reconocidos y los problemas abiertos que se pueden resolver con esa Teoría, como los **Paradigmas**: el conjunto formado por Hipótesis generales, Leyes y técnicas aceptadas, que son el último refe-

rente en el quehacer profesional de los científicos, en su tarea de resolución de Problemas desde la Cosmovisión dominante.

La Ciencia Normal puede llegar a absorber reformulaciones de sus Paradigmas para resolver nuevos Problemas; pero a veces esto no es posible, en las Anomalías, y se generan Paradigmas rivales, que luchan conceptualmente con los aceptados. Esta pugna está atravesada de contrastes empíricos, debates ideológicos, filosóficos, etc., teniendo como consecuencia una **conversión** de la Comunidad Científica al nuevo Paradigma, y a la nueva Cosmovisión que, explícita o implícitamente, lleva consigo. Así la Teoría de la Relatividad es inseparable de la noción del Espacio-Tiempo; la Mecánica Cuántica es inseparable de la concepción probabilística de las Leyes de la Física; la Teoría de la Evolución es inseparable de una concepción dinámica no determinista de las especies animales; etc.. Sintetizando el esquema kuhniano podría definirse que una *Revolución Científica es una sustitución de Paradigma*.

A diferencia del Inductivismo, para Kuhn el Conocimiento Científico progresa mediante Revoluciones y no por acumulación; mientras que para el Inductivismo el progreso científico es por ensanchamiento del círculo de aplicación, para Kuhn es por saltos cualitativos, que si bien ensanchan efectivamente el campo de aplicación, traen como consecuencia un nivel superior de comprensión de los Fenómenos naturales, del Universo en suma. A diferencia del Falsacionismo, para Kuhn existe “algo más” que la mera constatación del fracaso de una Teoría, algo a veces intangible, con múltiples facetas, pero que no es reducible a una mera formulación alternativa a la aceptada mayoritariamente.

La concepción de Kuhn tuvo un enorme impacto en historiadores y filósofos de la Ciencia debido a:

- a) Su reconocimiento de la existencia normal de cambios extraordinarios en el desarrollo científico.
- b) Por el desplazamiento de los conflictos que ocurren en el progreso científico, desde el nivel estrictamente conceptual hasta un nivel total, que incluye todos los factores influyentes, internos y externos a la Ciencia.

Dejaba así mismo cuestiones abiertas cómo:

- a) Una definición precisa, sin ambigüedad, de Paradigma (en 1970 y en 1974 Kuhn llevó a cabo reformulaciones, caracterizándoles por “una Matriz disciplinar y sus ejemplificaciones”, así como introdujo la noción de preParadigma).

b) La duda acerca de si efectivamente, el esquema revolucionario era aplicable a todas las Ciencias, o en una Ciencia a todos los cambios habidos.

Es evidente que el cambio desde la Cosmovisión ptolemaica a la copernicana-newtoniana se adapta perfectamente al esquema kuhniano, pero es sólo un ejemplo particular; en realidad es el Ejemplo, el modelo paradigmático de la concepción de Kuhn del desarrollo científico.

3.2. REVOLUCIÓN EN LA CIENCIA

El concepto acuñado por Kuhn ha trascendido el marco de donde surgió, por más que no haya acuerdo entre el significado de Revolución Científica o Revolución en Ciencia. El término revolución como concepto científico va asociado a una repetición, a un movimiento periódico, a una constancia de una magnitud subyacente a un cambio.

El significado de Revolución en las Ciencias Sociales está asociado a la violencia como instrumento de cambio social y político, de una ruptura con el pasado; sin embargo, la atribución del término Revolución a un hecho social no es inmediato, y así p.ej. existe una diferenciación entre Golpe de Estado y Revolución. Una característica diferenciadora de las Revoluciones político-sociales, es su pretensión de configurar una Sociedad ideal, estadio definitivo del desarrollo social.

El término Revolución en Ciencia, converge con el significado social dado que está asociado a una ruptura con la continuidad teórica, con el establecimiento de una nueva Teoría; pero ni se logra de forma drástica, con un hecho puntual, ni tiene la finalidad de alcanzar una Teoría suprema, la Teoría. Tampoco, en Ciencia, la oposición al cambio conceptual opera en sentido negativo, sino que lo hace en un sentido purificador de falsas alternativas, y de clarificador de las alternativas.

En Ciencia, una Revolución establece un "Programa revolucionario" que contiene el germen de las futuras Revoluciones Científicas. Los científicos revolucionarios son conscientes de la acotación de sus elaboraciones, y aún cuando se enfrentan a una fuerte oposición dentro de la Comunidad Científica, no encuentran dentro de ésta grupos relevantes de oposición irreductible, que no estén prestos a dejarse convencer por medio de un contraste empírico riguroso, aún cuando queden alegaciones de raíz ideológica.

Una Revolución Científica es en principio un proceso interno a la Ciencia, pero frecuentemente repercute en el entorno filosófico y social debido a la fuerte componente ideológica que conlleva, y así ha ocurrido con la Revolución Copernicana-Newtoniana, con la Teoría de la

Relatividad, con la Teoría de la Evolución, con el Psicoanálisis de Freud,... Sin embargo este componente no es tan notable en la Teoría Electromagnética de Maxwell, en la Química de Lavoisier o en la Biología Molecular,..., aún cuando sí han tenido un fuerte impacto en el desarrollo científico.

La respuesta social a las Revoluciones Científicas, y al avance científico subsiguiente, es ambivalente; por un lado se “temen” sus aplicaciones tecnológicas en sentido amplio y su utilización político-social, e incluso laboral; por otro lado, los científicos representativos de los cambios científicos, los representantes de la “nueva Ciencia”, aún cuando “sus” Teorías no sean de fácil comprensión por la inmensa mayoría (y esto es un proceso inevitable), son los intelectuales más homenajeados aún en Sociedades conservadoras; esto último es opuesto a lo que ocurre p.ej. en las Artes, donde la vanguardia no es generalmente aceptada de forma inmediata. La constatación de esto último está en la comparación del listado de los Premios Nobeles de p.ej. Física, y las ausencias en el de Literatura.

3.3. ¿QUÉ ES UNA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA?

Es difícil establecer una definición de Revolución Científica, que pueda ser aplicada de forma generalizada a distintos procesos de cambio, en una o diferentes Ciencias. Sin duda es un proceso complejo, multifacético, que se lleva a cabo tanto mediante un análisis lógico-conceptual, como por un análisis histórico de los antecedentes que originan el proceso. La consecuencia son cambios conceptuales y de la norma aceptada de explicación, así como en el tipo de Problemas que se esperan resolver, y en el criterio utilizado para juzgar las posibles respuestas. Así p.ej.: la Revolución Copernicana-Newtoniana, acarrea una Fuerza de Gravitación y una matematización de la Mecánica; la Mecánica Cuántica, acarrea una delimitación del Principio de Causalidad, y la Dualidad Onda-Corpúsculo; la Teoría de la Evolución, acarrea la negación del fijismo de las especies pero sin posibilitar la predicción de los sucesos individuales; la Teoría de la Relatividad, acarrea la introducción del Espacio-Tiempo y una alteración de los conceptos de Masa y Simultaneidad; la Teoría de Wegener, acarrea en un primer estadio (1914), la deriva continental, y en una segunda etapa más posterior (1960-70) con la tectónica de placas, que refuerza el primer Concepto.

En la realización de una Revolución Científica pueden señalarse cuatro etapas diferenciadas:

- 1) **Revolución conceptual en sí misma:** cambio interno en científicos individuales o en pequeños grupos, que encuentran una Metodología (nuevas Teorías, nuevos Conceptos, nuevos enfoques) más adecuada para resolver los Problemas cruciales de las Teorías aceptadas.

2) **Comunicación restringida de las nuevas Teorías:** los científicos revolucionarios introducen un Programa de Investigación, que se desarrolla en “grupos de confianza” de la Comunidad Científica. Una vez que el círculo inicial de adeptos se ensancha significativamente, tiene lugar la siguiente etapa.

3) **Comunicación pública de las nuevas Teorías:** el ámbito del conocimiento y desarrollo de la nueva Teoría trasciende hacia la Comunidad Científica en su conjunto.

4) **Debate y aceptación de las nuevas Teorías:** el Programa de Investigación, inicialmente restringido, pasa a ser instrumento de trabajo del conjunto de la Comunidad Científica. Esta es la etapa relevante, donde ocurre el tránsito desde lo privado hasta la aceptación del cambio como Revolución en sí misma. Es en esta etapa donde se manifiestan todos los factores ideológicos, que subyacen tanto en las elaboraciones revolucionarias, como en la defensa de las “viejas” Teorías.

Conjuntamente con las cuatro etapas referidas, pueden utilizarse tres criterios, para permitir la caracterización de un Cambio en la Ciencia como una Revolución Científica:

- 1) **El juicio de los científicos y no científicos contemporáneos.**
- 2) **El juicio de los historiadores y filósofos de la Ciencia.**
- 3) **El juicio de los científicos de hoy en día.**

Los tres criterios citados tienen una fuerte componente de subjetivismo, y no definen una Revolución Científica, pero sí suministran condiciones suficientes para poder afirmar su ocurrencia. Aquellos son concurrentes pero no necesarios, y así p.ej. Lavoisier, Darwin o Wegener autodefinen a su trabajo como revolucionario; los textos de Astronomía del período 1543-1680 no caracterizan a la obra de Copérnico como revolucionaria, pero sí lo hacen los historiadores y filósofos, asociándola con los trabajos de Galileo y Kepler, que se dan 60 ó 70 años después; se puede dar el criterio 3) pero no relevantemente los dos primeros, como ocurre en el caso de la Física Estadística del S. XIX o con los trabajos de Mendel, desconocidos en su momento.

Existe un consenso general de que antes de 1600 no han existido Revoluciones en la Ciencia, excluyendo claro está al despegue de la Ciencia primitiva de la Metafísica. A partir de la fecha citada no existe una opinión unánime acerca de los hipotéticos períodos revolucionarios; la opinión más generalizada es la que contempla cuatro de estos períodos:

1ª Revolución científica (S. XVII hasta finales del S. XVIII)

Está caracterizada por la admisión de la observación y de la experimentación como base del Conocimiento Científico de la Naturaleza, siendo la matematización la expresión más adecuada de este conocimiento. Se asienta en una Cosmovisión mecanicista y determinista, unificadora de todos los niveles materiales, desde el Cosmos hasta el Microcosmos. Surgen las Academias Científicas como foros de debate. Científicos característicos de esta etapa son Galileo, Newton, Euler, Lavoisier,...

2ª Revolución científica (aprox. 1800-1890)

Se caracteriza, a nivel conceptual por la aparición del Azar como categoría científica, así como de la Energía como magnitud unificadora de diferentes Procesos naturales. Se inicia la profesionalización y especialización de los científicos, así como la generalización de la Educación científica. Surgen las Asociaciones para el Avance de la Ciencia (la primera, la Británica en 1831), con secciones especializadas, y con Reuniones anuales, nacionales e internacionales. Este período coincide con el cambio tecnológico asociado al uso generalizado de la Máquina de Vapor. Científicos característicos de esta etapa son Gay-Lussac, Ampère, Maxwell,.. y sobre todo Darwin con su Teoría de la Evolución, que si bien es causal, no está matematizada y por tanto no es predictiva.

3ª Revolución científica (aprox. 1890-1940)

Se caracteriza a nivel conceptual por la aceptación de la Probabilidad como magnitud evaluable en los fenómenos naturales, y por el derrumbe de la Cosmovisión que unificaba a todos los niveles materiales; se constata que el micromundo no se rige por las mismas Leyes que el Macromundo. Este período es denominado frecuentemente como el de la "Crisis de la Física Clásica". Las Universidades pasan a ser los centros principales de investigación, donde surgen grupos especializados, así como se crean los primeros Institutos de Investigación (Cavendish, Yerkes, Kaiser Wilhelm, el Instituto Cajal, etc.). Así mismo las Sociedades Científicas, y sus Publicaciones, se especializan no solamente en Ciencias separadas (Física, Química,..) sino en subáreas (Óptica, Química Molecular,..). En esta etapa se inicia la interacción fuerte Ciencia-Industria, así como las políticas gubernamentales de promoción científica. Científicos característicos de este período son Cajal, Einstein, Bohr, Wegener,... Este período coincide con el cambio tecnológico asociado a la utilización generalizada de la Energía Eléctrica.

4ª Revolución científica (desde la II Guerra Mundial a la actual)

En esta etapa se consolida la Cosmovisión que surge de la anterior, teniendo la Biología Molecular una eclosión espectacular. Donde sí se dan rasgos inequívocamente revolucionarios es en el contexto donde tiene lugar la Investigación Científica: los grandes Equipos de Investigación, en grandes instalaciones científicas y con elevadas subvenciones estatales son un hecho común y generalizado (lo que se denomina la Big Science). La comunicación de los resultados de la investigación es prácticamente cuasinstantánea, existiendo una tupida red entre los distintos grupos afines (lo que De Solla Price denomina “**Colegio Invisible**”). El científico es un profesional más, y la Ciencia se ha convertido en una Fuerza Productiva, sujeta a criterios de productividad, y con espacios fijos en los medios de comunicación de masas. El foso entre la investigación pura y su aplicación técnica está prácticamente cegado con la convergencia entre Ciencia e Industria, incentivada por Instituciones gubernamentales (NASA, Comisión de Energía Atómica, en USA; INTA, CIEMAT, Instituto Carlos III en España; etc.). En 1960 el Presidente de los EUA D. Eisenhower definió la situación como “el bloque científico-militar-industrial”, cuya constatación más reciente se encuentra en la Guerra del Golfo (1991). En este período los científicos supuestamente más representativos, no tienen el significado que en etapas anteriores dado que, sin menospreciar su capacidad individual, son “simplemente” los profesionales más eficientes en una actividad no individual, sino claramente social. La caracterización tecnológica de esta etapa sería la utilización generalizada de la Electrónica de Semiconductores y la miniaturización de los dispositivos.

La periodización anterior tiene como casi única y exclusiva referencia a la Física, la Ciencia empírica “paradigmática”, lo que puede dificultar su generalización a las restantes Ciencias. Aún dentro del referente de la Física, R. Hall (1957) y posteriormente S. Brush (1982) acotan la etapas revolucionarias completas a únicamente dos: una primera, que abarcaría el período aproximado de 1500 hasta 1800, y una segunda, desde 1800 hasta 1950. Bellone (1976) también señala dos etapas: la primera desde aproximadamente 1500 hasta 1860, con la consolidación de la Cosmovisión mecanicista; y una segunda, correspondiente a la “Crisis de la Física Clásica”, reconociendo su influencia en las restantes Ciencias.

Para finalizar, y a modo de conclusión. La concepción que reconoce la existencia de procesos revolucionarios en el desarrollo del Pensamiento Científico, está plenamente aceptada por la Comunidad Científica, y por la generalidad de filósofos e historiadores de la Ciencia; sin embargo, su caracterización precisa y unívoca, que sea extensible a todas las Ciencias, no existe ni siquiera en la Física, y es aventurado afirmar que tenga realmente sentido esta presunción, dado el desigual desarrollo de las diferentes Ciencias, y la multiplicidad de factores externos (sociales, ideológicos, etc.) que interaccionan, durante el desarrollo del Pensamiento Científico en una Ciencia concreta, y en el conjunto de todas las Ciencias.

4. LOS CIENTÍFICOS Y SUS CONDICIONAMIENTOS SOCIALES

Desde el origen de la Ciencia moderna tal como se ha venido refiriendo en anteriores apartados, los científicos han tenido una diferente y variable relación con lo que podría denominarse su “entorno social”. En un principio, durante la Revolución Científica, los científicos no pasan de ser, generalmente, unas ilustres personalidades directamente relacionadas con una minoría social, la aristocracia y el alto clero, pero cuya profesión, “de lo que viven”, no es la científica, que ni siquiera estaba considerada como una actividad socialmente apreciada.

Esta situación va evolucionando a lo largo del siglo XVIII hasta la aparición de los primeros científicos profesionales, de los que Gay-Lussac pasa por ser el primero de ellos; es en el siglo XIX, y en las sociedades desarrolladas europeas (Francia, Alemania y Reino Unido), cuando la ciencia, la actividad científica, se va a ir interrelacionándose progresivamente con la actividad industrial –y así por ejemplo recordemos el decisivo papel que tuvo la investigación química en el desarrollo industrial alemán– y bélica, en este caso a partir de la Guerra Civil norteamericana. Evidentemente, y como se ha referido en apartados anteriores, es en el presente siglo donde la ciencia y su aplicación tecnológica, el I+D, es reconocida como una fuerza productiva directa, y los científicos ven reconocida su actividad como una profesión prestigiosa.

Evidentemente este proceso no ha ocurrido sin que los científicos hayan sido afectados en sus condicionamientos y dependencias bien respecto a entidades particulares, industriales y financieras, bien respecto a los poderes públicos, el estado, que son los empleadores de la inmensa mayoría de los científicos, cuya actividad es impensable desde la soledad de su entorno doméstico; estamos en la época de la “Big Science” y de los conglomerados científicos-económicos-militares, que si bien no fijan al detalle la actividad concreta de cada científico, sí determinan en última instancia las grandes líneas investigadoras, y por tanto la dependencia laboral de los científicos es un primer condicionamiento de sus actividades.

En este último aspecto quizás sean los Institutos públicos de investigación y las Universidades europeas los últimos reductos de independencia de los científicos, si bien la funcionarización de éstos da lugar a otros problemas conocidos que lastran su funcionamiento, y que no vienen al caso en este momento; en las universidades norteamericanas es conocido que funciona una atroz y despiadada competencia, con unas exigencias de rendimiento que condicionan decisivamente a la actividad de los científicos.

Un segundo condicionamiento que gravita sobre los científicos a finales del siglo XX es la opinión pública, algo impensable hasta finales del siglo XIX y principios del pre-

sente siglo; Darwin y la teoría de la evolución, y Einstein y la teoría de la relatividad generalizada son los primeros hechos científicos, junto con sus formuladores, que son conocidos masivamente por el gran público por su difusión en los medios de comunicación sociales, en un principio por sus contenidos paradójicos y “chocantes”, pero que van a dar lugar a que progresivamente la Ciencia vaya teniendo un espacio habitual en los medios de comunicación, en todas sus variedades, que si bien populariza la actividad científica, también a su vez hace que los científicos se vean fiscalizados, y requeridos energicamente en su actividad.

Este control social no se realiza tanto desde un punto de vista disciplinar y especializado, sino en lo relativo a la incidencia y necesidad social de sus actividades, tanto en lo relativo a la faceta sanitaria –consideremos por ejemplo la presión existente, y no sólo estrictamente profesional, en el tema del SIDA o el cáncer–, a las repercusiones ecológicas –todo lo referente al problema de la energía– o a las aplicaciones bélicas en las que los científicos han pasado de ser considerados prácticamente como benefactores de “su” sociedad –recordemos el prestigio social de los químicos alemanes que desarrollaron los gases venenosos en la 1ª Guerra Mundial– a ser sujetos peligrosos, cuasi “matarifes” –que únicamente pueden llevar a cabo su “trabajo” en el máximo secreto y discreción, y no sólo por el “espionaje enemigo”–.

Por tanto, y para finalizar este apartado, los científicos en este fin de siglo están seriamente condicionados por la sociedad, bien vía estado bien vía iniciativa privada, tanto en sus propias condiciones de trabajo, con la aparición de la denominada “proletarización del trabajo intelectual” con un sueldo y una jornada laboral mínima prefijada, como en el control y la exigencia de unos resultados de sus actividades, que sean tangibles y rentables, o sea que sean inmediatamente “útiles” para sus empleadores, sujetos a la opinión pública, y en estos aspectos enlazamos con el siguiente apartado.

5. LAS ACTITUDES CIENTÍFICAS EN LA VIDA COTIDIANA

Además de lo comentado respecto al progresivo reconocimiento de la ciencia como actividad social en este siglo, también, y en el contexto de la generalización de la enseñanza obligatoria para todos los ciudadanos en la adolescencia, la educación científica progresivamente ha ido siendo considerada como parte fundamental e irrenunciable de la educación de los ciudadanos de las sociedades desarrolladas porque es una condición indispensable para la consecución y mantenimiento del desarrollo social; esta concepción educativa se desarrolló decisivamente a partir de la 2ª Guerra Mundial, y se asentó definitivamente con el inicio de los programas de exploración espacial.

Como resultado de esta situación, la educación científica de la sociedad teóricamente ha aumentado, y de hecho las noticias científicas sobresalientes están presentes

en los medios de comunicación de masas y la “jerga” científica es utilizada en la publicidad como ingrediente prestigioso y presuntamente garante de la calidad del producto anunciado.

Como ya se ha comentado, la sociedad controla y exige resultados científicos a los problemas más acuciantes, pero esta fiscalización frecuentemente manifiesta en ciertos aspectos una concepción mágica de la ciencia, que es ignorante de las pautas y autocontroles inherentes a la actividad científica, de lo que se denomina a veces como “método científico”, y ejerce una tiranía sobre los científicos bien en lo relativo a la prontitud de los resultados de su investigación, por ejemplo en el campo sanitario, o bien en el cuestionamiento de los proyectos investigadores, como por ejemplo en los grandes programas de investigación astrofísica o de física de partículas por los elevados costes que suponen.

En este aspecto, y pese al aumento nominal de la educación científica, en la vida cotidiana se manifiesta la profunda división de las “dos culturas”, que ya denunció C.P. Snow, y así la sociedad renuncia de hecho al conocimiento científico –y reconozcamos que su masificación no es ni mucho menos fácil– pero exige resultados inmediatos y concretos a los científicos –a los que paga, no lo olvidemos– acuciándoles a que resuelvan los problemas urgentes de la sociedad.

Junto con este reconocimiento de la utilidad de la actividad científica, paradójicamente subsisten –y no únicamente entre personas sin amplia formación escolar– creencias y confianzas en actividades acientíficas como la astrología o el curanderismo, que surgieron cuando las personas se encontraban sujetas –sin respuestas eficaces o explicaciones coherentes– a las fuerzas de la Naturaleza, en todos sus órdenes de magnitud, desde los virus y bacterias hasta las grandes catástrofes naturales; y así en el mismo medio de comunicación, frecuente y paradójicamente, coexisten noticias acerca de los últimos avances científicos con entrevistas y noticias sobre actividades que son ajenas a la ciencia, pero cuyos practicantes están generalmente obsesionados con que se reconozca a su actividad en pie de igualdad con la de los científicos.

Para finalizar pues este apartado, puede afirmarse que nunca en la historia de la Humanidad ha estado tan presente la actividad científica, y sus aplicaciones tecnológicas, en la vida cotidiana, pero sin embargo el camino que se ha de recorrer para que la sociedad asuma las características del pensamiento científico y actúe consecuentemente a la hora de controlar y decidir la actividad profesional de los científicos –sus ritmos, pautas, resultados y repercusiones– no se deriva automáticamente ni de la generalización de la educación obligatoria, con la necesaria revisión e innovación permanente de los métodos y recursos educativos, ni siquiera de los seguros éxitos que tendrá la investigación científica en problemas hoy en día acuciantes, pero que dejarán seguramente al descubierto problemas hoy día desconocidos,

sino que es un proyecto a largo, larguísimo plazo, que debemos construir en constante, ¿inacabable?, lucha contra la ignorancia, el dogmatismo, el fanatismo, denunciando las estafas interesadas al pensamiento libre, constructivo y crítico, que en suma es la característica que define y diferencia a los seres humanos.

RESUMEN

PRINCIPALES CONCEPCIONES DE LA CIENCIA A LO LARGO DE LA HISTORIA

Origen: Asiria y Egipto: oficio artesanal <> saber sacerdotal ⇒ *Mitología racionalizada*: Astronomía y Agromensura.

Causa de la racionalización: *el asombro* (Aristóteles), necesidades socioeconómicas,...

Técnicas: el *lenguaje* (⇒ paradojas: Aquiles y la tortuga) ⇒ de las insuficiencias: otros lenguajes o búsqueda de verdades absolutas [la *Tentación Metafísica*: Teoría de las Ideas (Platón)].

Opción hegemónica: la Metafísica ⇒ potenció la Geometría y las Ciencias geometrizadas (Astronomía, Óptica, Acústica).

Edad Media: *Metafísica tomista* (cristianización del platonismo: recurso a la Autoridad).

Renacimiento: crítica epistemológica del Tomismo + necesidades tecnológicas ⇔ *sociedad burguesa* ⇒

Revolución científica: *Espíritu científico*:

- Instancia racional en estudio/resolución:
 - a) Lenguaje propio.
 - b) Metodología de actuación.
- Colaboración y difusión: Academias científicas.
- Refuerzo y complemento de la razón ⇒ beneficio para la Humanidad.

LOS CONTENIDOS Y LOS MÉTODOS EN EL AVANCE CIENTÍFICO

Ciencias:

Formales: Método lógico-deductivo. No objetivas.

Empíricas: Objetivas con método básico:

- Aplicación de lenguaje matemático.
- Experimentos controlados.

Contenido de ciencias empíricas:

- Conceptos definidos operacionalmente + Reglas de correspondencia con la realidad observable.
- Relaciones entre conceptos: Principios, Teorías y Leyes.
- Gramática para expresar definiciones y las relaciones entre los conceptos. Lógicas del lenguaje (Álgebra) y matemática (Análisis).

Conocimiento científico:

Fáctico, Transciende los hechos inmediatos, Analítico (síntesis conceptuales), **Especializado** (unidad metodológica), **Claro y preciso** (definiciones operacionales), **comunicable** (Ciencia privada <> Ciencia pública), **Verificable, Metódico, Sistemático, General** (simple \Leftrightarrow general), **Legal, Explicativo** (hechos \Rightarrow leyes \Rightarrow Principios), **Predictivo, Abierto, Útil** (Fuerza productiva <> Tecnología), **Progresivo** (Mecanismos de continuidad + Mecanismos de sustitución).

¿Cómo se desarrolla el conocimiento científico?

Empirismo Ingenuo:

- Observación + *Principio de Inducción* (Enunciados singulares \Rightarrow En. generales).
- Avance mediante expansión y acumulación.
- Olvido dimensión social, psicológica, metodológica,...
- Separación del *Modo de descubrimiento* del *Modo de justificación*.

Falsacionismo (Popper):

- Esquema teórico = Teoría científica sí es *Falsable* (susceptible de ser refutada experimentalmente).

Anarquismo epistemológico (Feyerabend):

- “Todo vale”.
- Inconmensurabilidad de las propuestas enunciadas a partir de criterios diferentes.

Totalidades estructuradas (Lakatos):

- Programas de investigación = núcleo central + cinturón protector.

LOS GRANDES CAMBIOS: LAS REVOLUCIONES CIENTÍFICAS

Primeras menciones al concepto de R.C.: Kant (obra de Copérnico), Lavoisier y Darwin (autoatribuciones).

Propuesta de Kuhn:

- Ciencia Normal \Rightarrow Anomalías \Rightarrow Ciencia Extraordinaria \Rightarrow Esquemas alternativos: Revoluciones Científicas.
- *Paradigma*: hipótesis generales, leyes,... aceptadas \Rightarrow Revolución Científica = sustitución de un paradigma por otro rival como respuesta a una anomalía.
- Progreso en espiral que se va ensanchando.

Etapas de una revolución científica:

- Revolución conceptual en sí misma (Kuhn).
- Comunicación restringida de las nuevas Teorías (Programa revolucionario).
- Comunicación pública de las nuevas Teorías.
- Debate y aceptación de nuevas Teorías.

¿Cuándo un cambio es una revolución científica?:

3 criterios no necesariamente concurrentes:

- 1) Juicio de los científicos y no científicos contemporáneos (Darwin).
- 2) Juicio de los historiadores y filósofos de la Ciencia (Copérnico).
- 3) Juicio de los científicos de hoy en día (Mendel).

¿Cuántas revoluciones científicas?:

Opción mayoritaria:

1ª Revolución (S. XVII-S. XVIII): matematización; mecanicismo; Academias. Galileo, Newton, Euler, Lavoisier,...

2ª Revolución (S. XIX): el Azar como categoría científica; la Energía como magnitud unificadora; generalización de la educación científica; profesionalización de los científicos; Congresos científicos; uso generalizado de la máquina de vapor. Gay Lussac, Carnot, Helmholtz, Faraday, Darwin, Maxwell,...

3ª Revolución (1890-1940): crisis de la Física clásica; promoción gubernamental: Institutos de investigación; publicaciones especializadas; interacción Ciencia-Industria; uso generalizado de la electricidad. Cajal, Einstein, Bohr,...

4ª Revolución (II Guerra Mundial-): Biología Molecular; Electrónica; Informática; Big Science; Bloque científico-militar-industrial; Científico = trabajador de la Ciencia; Desplazamiento del científico por el equipo de investigación.

EDITA Y DISTRIBUYE: