

**TEMA 1. PRINCIPALES CONCEPCIONES DE LA CIENCIA.
LOS GRANDES CAMBIOS: LAS REVOLUCIONES
CIENTÍFICAS. LA CIENCIA COMO UN PROCESO EN
CONTINUA CONSTRUCCIÓN: ALGÚN EJEMPLO EN FÍSICA
Y EN QUÍMICA. LOS CIENTÍFICOS Y SUS
CONDICIONAMIENTOS SOCIALES. LAS ACTITUDES
CIENTÍFICAS EN LA VIDA COTIDIANA.**

I.- Introducción.

II.- Desarrollo.

1. Principales concepciones de la ciencia.

Definición. Objeto y alcance de la ciencia.

Concepción descriptiva.

Concepción creativa.

Concepción comprensiva.

2. Los grandes cambios: las revoluciones científicas.

Evolución de la ciencia en la historia. Las revoluciones científicas.

La ciencia en la actualidad.

3. La ciencia como un proceso en continua construcción: algún ejemplo en física y en química.

El método científico.

Ejemplo de construcción de un hecho científico: Naturaleza y propagación de la luz.

4. Los científicos y sus condicionamientos sociales. Las actitudes científicas en la vida cotidiana.

Los condicionamientos sociales a la investigación en España

Las motivaciones de los científicos españoles.

Las actitudes científicas en la vida cotidiana.

III.- Conclusiones.

IV.- Conexión curricular.

V.- Bibliografía.

I. - Introducción.

Es de justicia comenzar remarcando la relevancia que tiene el área de nuestra materia en el avance de la ciencia y la investigación en nuestros días. Basta con ver que la física y la química conforman una ciencia que ha nacido poco a poco para dar respuesta a las necesidades que han ido surgiendo a lo largo de la historia y, que, por tanto, será necesaria para abordar las que nos vengán por delante. Un ejemplo, es la actual necesidad de búsqueda de fuentes de energía renovables menos contaminantes que permitan acabar con la dependencia de los combustibles fósiles y poner freno al cambio climático. O en relación, la búsqueda de tratamientos químicos que consigan acabar con la cruel enfermedad del cáncer. Por ello la Física y la Química aparece como materia fundamental de la cultura de nuestro tiempo y contribuye a la formación del alumnado para comprender las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente, y conocer los graves problemas con los que se enfrenta hoy la humanidad, sus causas y posibles medidas necesarias para hacerles frente y avanzar hacia un futuro más justo y sostenible.

Más en particular la importancia de los conceptos que se tratarán a lo largo del tema radica en que la ciencia ofrece soluciones para los desafíos de la vida cotidiana y nos ayuda a responder a los grandes misterios de la humanidad. En otras palabras, es una de las vías más importantes de acceso al conocimiento. Por ello, entender qué es la ciencia, como se construye (método científico), cómo ha evolucionado y qué papel juega en la actualidad nos hace personas más libres.

Se comenzará el desarrollo dando una definición de ciencia y tratando sus principales concepciones. En el segundo apartado se expone la evolución de la ciencia desde la antigua Grecia hasta la actualidad. A continuación, se verá el método científico y la construcción del modelo científico de la luz. Para finalizar tratando el papel de los científicos y las actitudes científicas de la vida cotidiana, con unas conclusiones, conexión curricular y bibliografía.

II. - Desarrollo.

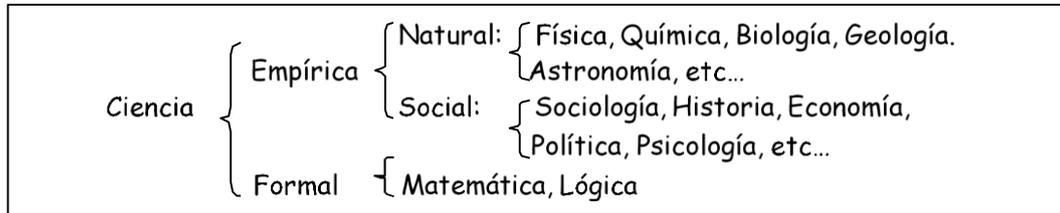
1. - Principales concepciones de la ciencia.

Definición. Objeto y alcance de la ciencia.

La ciencia es una disciplina que se encarga de estudiar e investigar los fenómenos sociales, naturales y artificiales a través de la observación, experimentación y medición para dar respuesta a lo desconocido. Surge como respuesta a la enorme curiosidad manifestada por el hombre desde la antigüedad a conocer el entorno que le rodea, describir sus fenómenos, tratar explicar lo que observaba. Tras un largo periodo de evolución, la ciencia puede considerarse como "el conocimiento sistemático, ordenado y racional del comportamiento de la naturaleza". Hay que distinguir entre el objeto de

la ciencia, que es el conocimiento en última instancia, y el método de trabajo, que es el llamado “Método científico”.

Podemos hacer una clasificación inicial en: 1) Ciencias empíricas y 2) Ciencias no empíricas o formales. Las ciencias empíricas van asociadas a los fenómenos de la naturaleza. Su fin es describirlos, explicarlos mediante enunciados que debe contrastar la experimentación. Las ciencias formales se refieren sólo a la estructura de las ideas que surgen de la mente humana.



En el estudio de los fenómenos de la naturaleza, se pueden considerar tres concepciones: descriptiva, creativa y de comprensión.

Concepción descriptiva.

El trabajo científico comienza necesariamente con la observación y la descripción de los fenómenos de la naturaleza. Desde la antigüedad, el hombre ha observado fenómenos que llaman poderosamente su atención y ha tratado de describirlos, y explicar las influencias sobre la vida humana. Todas las civilizaciones han observado, por ejemplo, el movimiento regular de los astros en el cielo y han tratado de explicar su influencia sobre la vida en la tierra. Para ello se basaron en las observaciones y medidas recopiladas durante siglos por grandes investigadores como Tycho Brahe.

El establecimiento de modelos sobre el comportamiento de la naturaleza como el modelo cosmológico, es la manifestación del carácter descriptivo de la ciencia basado en la observación cuidadosa y la recogida de datos.

Concepción creativa.

Mientras los movimientos de los astros y las estrellas se encuadraban en la mecánica celeste, los movimientos de los cuerpos sobre la superficie terrestre, más complejos y caóticos, se estudiaban en la mecánica terrestre. Estos movimientos no tuvieron explicación racional hasta el nacimiento de la física como ciencia, gracias a las bases sentadas por Galileo Galilei que abordó el problema del movimiento de manera creativa, aplicando lo que más tarde se llamaría “Método científico”.

Cuando los fenómenos de la naturaleza que se estudian presentan situaciones complejas, la experimentación requiere simplificarlos a situaciones sencillas. De forma que se reproducen en el laboratorio con condiciones controladas e ideales, lo que pone de manifiesto la labor creativa de la ciencia. La experimentación es la base de la ciencia, pues permite confirmar o anular hipótesis, teorías o leyes físicas.

Concepción comprensiva.

En la ejecución del método científico, tras la observación y la experimentación, se establecen una serie de conclusiones ciertas y definitivas, que regulan el comportamiento del fenómeno estudiado. Para ello, los científicos establecen teorías de acuerdo con los resultados de los experimentos y que estarán en permanente revisión hasta tomar forma definitiva como ley física. Las características que debe reunir una buena teoría son:

- a) No debe estar en contradicción con la observación de la naturaleza ni con los hechos experimentales.
- b) Pocas hipótesis deben explicar gran cantidad de fenómenos aparentemente inconexos.
- c) Debe tener capacidad de predecir fenómenos aún no observados y una vez encontrados éstos, comprobar la exactitud de las predicciones.

2.- Los grandes cambios: las revoluciones científicas.

Evolución de la ciencia en la historia. Las revoluciones científicas.

Las primeras teorías sobre la naturaleza comenzaron con el auge de la civilización ateniense. Sin embargo, la fuerte influencia de su mitología les llevó a sustituir la observación y la experimentación por la especulación. A esta época pertenece la primera teoría sobre constitución de la materia (agua, aire, tierra y fuego) popularizada por Empédocles y la figura de Aristóteles que realizó aportaciones en distintas ciencias.

En el periodo de Alejandro Magno, desde Alejandría, comienza el abandono de la ciencia especulativa y se concentra en la observación sistemática y la creación de métodos. La más importante aportación de la época fue la teoría geocéntrica de Claudio Ptolomeo publicada en su obra "Almagesto", destacan también Euclides y Arquímedes.

Con el imperio romano, la cultura científica griega se desmorona poco a poco hasta la caída del imperio y la llegada de los árabes. Estos no aportaron ideas innovadoras, pero enriquecieron notablemente la ciencia griega con la matemática hindú y la medicina hebrea y desarrollaron la observación y la sistematización. En el mundo cristiano, los desarrollos científicos se produjeron fundamentalmente a partir de la fundación de las universidades

Hasta finales del siglo XVI y principios del siglo XVII el pensamiento occidental estaba dominado por la doctrina aristotélica. Fue entonces cuando esta fue desechada dando el comienzo a lo que hoy llamamos ciencia moderna. El siglo XVII fue el siglo de la aparición de la ciencia moderna y la consolidación del método científico a través de la experimentación. A este periodo se le conoce como revolución científica del siglo XVII. Destacan los avances en astronomía con el modelo de Copérnico, las leyes de Kepler y los trabajos de Galileo Galilei. Pero sobretodo la mecánica experimentó un gran

desarrollo en sus concepciones, Galileo y Newton se encargaron de elaborar la nueva mecánica, de carácter más científico.

En los siglos XVIII y XIX se van a producir revoluciones en otras ciencias que todavía no la habían experimentado. Los trabajos de Boyle, Lavoisier y Dalton permitieron establecer las bases de las nuevas teorías de la química, que abandona su base especulativa cultivada por la alquimia y se erige en una auténtica ciencia. Aunque el cambio más espectacular corresponde a la Biología, con la teoría de la evolución de Charles Darwin.

El acontecimiento más relevante de este período fue el auge del maquinismo y el espectacular desarrollo de la industria. Los primeros desarrollos industriales se producen en Inglaterra, lo que se conoce como revolución industrial del siglo XVIII, y a primeros del siglo XIX se extienden por toda Europa y América. Todo este desarrollo industrial viene posibilitado por un avance paralelo de la ciencia, especialmente la física y la química. La aplicación de sus principios a los problemas prácticos ha dado lugar a las diversas ramas de la Ingeniería y la Tecnología.

La ciencia en la actualidad.

En el siglo XX, la ciencia sufre una nueva revolución. La creciente aplicación tecnológica del conocimiento científico propició la aparición de nuevos métodos de medición y observación, que permitió la investigación profunda de nuevos horizontes, tanto en el macromundo como en el micromundo. La ciencia de los siglos anteriores, basada en las concepciones newtonianas se vio desbancada por la concepción electromagnética de la materia y la energía, el desarrollo de la teoría cuántica, la física de partículas, etc. Por ejemplo, surge la mecánica cuántica tras descubrir la verdadera constitución del átomo. También destaca el ejemplo de la teoría de la relatividad que dio lugar a una nueva teoría de la gravitación.

El desarrollo espectacular de las ciencias físicas y químicas durante el presente siglo y su aplicación a la tecnología ha permitido que hayan progresado notablemente las condiciones de vida en el planeta.

Actualmente, en física destaca la fisión nuclear practicante controlada e importantes avances en la fusión nuclear, el control de la luz coherente (láser), el uso de satélites artificiales, la investigación sobre la expansión y origen del universo... Incluso, nos encontramos en pleno desarrollo para la promoción de experiencias turísticas en el espacio de la mano de empresas privadas como SpaceX. Se investiga en la búsqueda de una teoría unificadora de las cuatro interacciones fundamentales.

En química destaca el campo de los plásticos, el estudio de nuevos medicamentos y tratamientos, nuevos materiales y aleaciones, semiconductores con mejores propiedades y combustibles más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

3. - La ciencia como un proceso en continua construcción: algún ejemplo en física y en química.

El método científico.

El método científico es la base de todo el progreso en las ciencias de la naturaleza, sin embargo, no debe ser considerado un instrumento infalible sino como ayuda a la intuición del investigador con la que evitará planteamientos incorrectos en su trabajo.

El método científico se ha perfeccionado desde su origen en el siglo XVII de la mano de Bacon, Descartes y Galileo Galilei, adaptándose al progreso del trabajo científico. El método puede considerarse que consta, fundamentalmente, de cuatro pasos:

1. Observación y descripción de un fenómeno o grupo de fenómenos.
2. Formulación de una hipótesis que explique el fenómeno.
3. Uso de la hipótesis para predecir la existencia de otros fenómenos o para predecir cuantitativamente los resultados de nuevas observaciones.
4. Realización de experimentos que permitan contrastar las predicciones.

El método científico se caracteriza por sus aspectos empíricos y racionales.

Los aspectos empíricos del método científico son la observación y la experimentación. La observación se refiere no solamente a los fenómenos perceptibles directamente por los sentidos sino perceptibles mediante el uso de instrumentos y aparatos. En una observación se distinguen los siguientes aspectos: el objeto, el observador, las circunstancias ambientales que la rodean, los medios utilizados y el conjunto de conocimientos que forman parte de la observación. La experimentación es una forma de observación (más útil con vistas a la consecución del conocimiento) realizada en condiciones controladas por el experimentador en el laboratorio, donde es posible controlar y medir todas las variables que influyen en el fenómeno observado. Desempeña un papel fundamental ya que permite someter a prueba los postulados científicos y al mismo tiempo es fuente de nuevos datos, que debidamente interpretados pueden dar lugar a nuevas hipótesis.

Los aspectos racionales del método científico son los elementos elaborados para describir la realidad, abstractos o teóricos que permiten trascender dicha realidad como la formulación matemática de las hipótesis. Al relacionar los aspectos empíricos con los racionales, el investigador crea una hipótesis, ley, teoría o modelo.

La hipótesis es una suposición razonable que puede ser contrastada experimentalmente y se ajusta al conjunto de conocimientos ya consolidados. En un nivel superior a las hipótesis, se encuentran las leyes, las teorías y los modelos. Las leyes reúnen todo nuestro conocimiento de lo actual respecto de los fenómenos de la naturaleza. La teoría incluye un conjunto de hipótesis y leyes, sus relaciones y las consecuencias lógicas que se derivan de ellas (teoremas). Estas consecuencias hacen posible su contrastabilidad y su explicabilidad. Finalmente, el modelo es una configuración teórica e ideal que

representa la teoría de un modo sencillo y simplificado y pueden ser formales (modelos matemáticos) o materiales.

Ejemplo de construcción de un hecho científico: Naturaleza y propagación de la luz.

Un ejemplo histórico muy ilustrativo de construcción de una teoría científica y su correspondiente modelo, es el de la naturaleza y propagación de la luz. Dos hipótesis contradictorias han convivido sin que ninguna de ellas se aceptase como definitiva. Son la teoría ondulatoria y la corpuscular.

Uno de los grandes genios de la física, Isaac Newton, defendía una teoría corpuscular. Según esta teoría la luz estaba formada por corpúsculos (partículas diminutas) que viajaban en línea recta, a gran velocidad, desde los cuerpos visibles hasta el ojo.

La otra teoría que había era una teoría ondulatoria para la luz, defendida por Huygens y Hook, entre otros. Esta teoría consideraba que la luz se comportaba como un movimiento ondulatorio similar al sonido, pero a diferencia de este se propagaba en un medio elástico ideal denominado éter. No obstante, esta teoría fue rechazada en la época por falta de evidencia experimentales y por la gran autoridad intelectual de Newton.

En el siglo XIX, los resultados obtenidos en los experimentos llevados a cabo por Young y Fresnel acerca de la difracción e interferencia de la luz sólo podían explicarse considerando la luz como una onda. No obstante, la evidencia teórica de la existencia de ondas electromagnéticas se debe a Maxwell, quien unificó los campos eléctrico y magnético prediciendo la existencia de ondas electromagnéticas que viajaban en el vacío a una velocidad $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$. Maxwell determinó que la luz es una onda electromagnética, hecho que fue comprobado experimentalmente por Hertz.

La teoría ondulatoria es útil para explicar la propagación de la luz, pero no puede explicar otras propiedades de la luz, sobre todo su interacción con la materia. Algunos fenómenos, como el efecto fotoeléctrico, descubierto por Einstein, no puede entenderse mediante una teoría ondulatoria que lleva consigo una transferencia continua de energía. Sólo un modelo de partícula para la luz puede explicar este fenómeno. Desde el punto de vista de la electrodinámica cuántica, la interacción de la luz y de cualquier onda electromagnética con la materia se describe mediante unas partículas sin masa denominadas fotones.

La síntesis de estas dos teorías fue obra del físico Louis de Broglie entorno a los años 20 cuando consideró que la luz, al igual que los demás objetos materiales, muestra propiedades de partícula y de onda. La manifestación de estas propiedades depende del tipo de experimento y medida que se realice. Este hecho constituye uno de los pilares de la física moderna y de la mecánica cuántica. La hipótesis de De Broglie, dualidad onda-corpúsculo, supone la culminación del modelo de la luz construido a través de los siglos mediante la aplicación sistemática del método científico.

4.- Los científicos y sus condicionamientos sociales. Las actitudes científicas en la vida cotidiana.

Un científico estudia los procesos, pretende conocer lo más profundamente el mundo que le rodea y aplica a la práctica los descubrimientos. Es en la aplicación técnica de la ciencia donde encuentra divulgación entre el gran público, el trabajo callado y sistemático de los investigadores y científicos.

El trabajo de los investigadores científicos, como cualquier otra profesión, sufre las presiones e influencias de los condicionamientos sociales y laborales.

Los condicionamientos sociales a la investigación en España

Los condicionamientos sobre los investigadores científicos pueden ser muy importantes, considerando que su profesión es poco reconocida y la sociedad no le gratifica suficientemente lo que provoca que los investigadores estén tentados de abandonar sus actividades. Múltiples estudios y encuestas demuestran que existe un alto grado de inestabilidad y de frustración en la comunidad científica española. Se han apreciado ciertas tendencias en abandonar la investigación para trabajar como profesionales en empresas tanto públicas como privadas y en emigrar a países con mejores condiciones.

Todo lo expuesto demuestra, no una falta de motivación y compromiso inicial por parte de los investigadores españoles, sino más bien una crisis en el funcionamiento y organización de la investigación en España, muy politizada.

Por otro lado, como el sistema no se preocupaba demasiado de la investigación científica y sus investigadores, tampoco le pedía demasiado a cambio. No se consideraba el nivel de productividad científica y sólo la honestidad y honradez personales les impulsaba a mantener niveles de respetable productividad. Además, la escasez de recursos públicos ha hecho que en los últimos tiempos los centros públicos de investigación se vean obligados a buscar fuentes privadas de financiación, perdiendo autonomía y orientando la investigación a la labor comercial.

Actualmente, parece haber un cambio de tendencia y un compromiso más serio y decidido en la promoción de la investigación, valoración y retención de talentos, así como financiaciones cada vez mayores.

Las motivaciones de los científicos españoles.

El motivo que debe impulsar fundamentalmente a un científico según R.K. Merton es el compromiso que contrae con la misma ciencia. El científico espera que los colegas de profesión reconozcan su trabajo investigador y este reconocimiento es el que le da satisfacción por la labor realizada.

En estudios y encuestas realizadas entre científicos para determinar las motivaciones de éstos de encaminarse por la investigación alegan motivos de preferencia personal, de

oportunidad laboral, o incluso de equivocación profesional. Como grupo, no parece que los científicos españoles estén muy motivados por deseos personales profundos de hacer avanzar la ciencia por la ciencia en sí (motivación de Merton).

Los científicos de más edad demuestran una falta contrastada de motivación y una baja productividad y los investigadores jóvenes no se sienten estimulados para un trabajo de investigación en profundidad. Merece la pena hacer una profunda reflexión a nivel global e inculcar a los alumnos el amor a la ciencia y la cultura del esfuerzo.

Las actitudes científicas en la vida cotidiana.

El trabajo de investigación científica requiere de unas actitudes y cualidades humanas, que en algunos casos podremos considerar excepcionales. Las cualidades del estudioso de la ciencia pueden influir decisivamente en los resultados de su trabajo. Así, el científico:

- a) Debe poseer un alto grado de honestidad y honradez.
- b) Ha de ser riguroso y objetivo.
- c) Debe poseer un gran tesón y paciencia, pues la investigación científica es un trabajo a muy largo plazo.
- d) Debe ser desprendido y generoso en lo que se refiere a retribución económica y social.
- e) Ha de ser modesto y humilde, pues cuanto más se avanza en el saber es más lo que se ignora.
- f) Ha de ser tolerante, respetuoso y comprensivo pues el trabajo de investigación se lleva a cabo en equipo.

La comunidad científica actual ha de perder la tradicional individualidad y desarrollar actitudes colectivas propias de un equipo pues el trabajo se realiza en equipos multidisciplinares. Las investigaciones científicas no están a cubierto de actividades fraudulentas que se dan en cualquier otra actividad humana. Los fraudes en la ciencia, aunque han existido, no han sido frecuentes y están condenados al fracaso.

III. - Conclusiones.

Por un lado, la ciencia es un proceso en continua construcción cuyo objetivo es el conocimiento que se logra aplicando el método científico. Las leyes, teorías y modelos actuales son el resultado del trabajo realizado durante siglos por la comunidad científica.

Por otro lado, los condicionamientos sociales influyen el trabajo de los científicos, que requiere de unas actitudes y cualidades humanas excelentes.

IV. - Conexión Curricular.

Al tratarse de un tema con cierto contenido histórico, gran transversalidad y cierto carácter multidisciplinar, podría ubicarse en todas las etapas-ESO y Bachillerato-y en todos los niveles donde el departamento de Física y Química tenga atribuciones

docentes, si bien, debe ir acompañado de la correspondiente adecuación y adaptación en base a los contenidos del currículo.

Respecto a la metodología, procedería a la explicación exhaustiva de los conceptos del tema, mediante un método activo orientando al alumno en el razonamiento a fin de que descubra por sí mismo el concepto de ciencia. Todo ello, basándome en problemas de la vida real y adaptándolos a situaciones teóricas para su estudio matemático. Especial importancia daría a inculcar a los alumnos la idea del trabajo personal en la resolución de problemas, imprescindible para la comprensión y el razonamiento de los conceptos físicos.

IV.- Bibliografía.

Tras desarrollar todos los apartados del tema, únicamente restaría mencionar las referencias bibliográficas que han nutrido y actualizado el tema.

En cuanto a las referencias más habituales y clásicas que han fundamentado el tema:

- Callen, H. B. *Termodinámica*. Editorial AC, Madrid, 1981.
- Paul A. *Física para la ciencia y la tecnología*. Tipler. Ed. Reverte.
- Crombie, A. C. *Historia de la Ciencia*. Ed. Alianza. Madrid, 1985.
- Joaquín CATALA DE ALEMANY. *Física General*. SABER. Entidad Española de Librería. VALENCIA.
- Santiago BURBANO DE ERCILLA, Enrique BURBANO GARCÍA y Carlos GARCÍA MUÑOZ. *Física General*. XXXI Edición. Mira Editores. ZARAGOZA.
- Raymond A.SERWAY. *Física*. Nueva Editorial Interamericana. MEJICO.
- Jesús RUIZ VÁZQUEZ. *Física*. Editorial Selecciones Científicas. MADRID.1975