



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Centro de Estudios de Postgrado

Trabajo Fin de Master

La Historia de la Ciencia como recurso didáctico para la enseñanza de la Física y la Química

Alumno/a: **Romero Muñoz Alejandro**

Tutor/a: **Dra. Marta Romero Ariza**

Dpto: **Didáctica de las ciencias**

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	4
2. FUNDAMENTACIÓN EPISTEMOLÓGICA	5
a. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	5
b. REFERENCIAS HISTÓRICAS A LA CIENCIA	7
i. EGIPTO	7
ii. CHINA	8
iii. GRECIA	8
iv. ROMA	10
c. LA IMPORTANCIA DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA	12
d. MODELOS CONSTRUCTIVISTAS EN LA ENSEÑANZA DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA	14
e. LOS RELATOS DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA (HDC) PARA ABORDAR CUESTIONES SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA (NDC): DOS EJEMPLOS PRÁCTICOS	16
3. PROYECCIÓN DIDÁCTICA	23
a. JUSTIFICACIÓN	23
b. CONTEXTUALIZACIÓN DEL CENTRO ESCOLAR	26
c. METODOLOGÍA	29
d. RECURSOS MATERIALES Y RECURSOS HUMANOS	36
e. UNIDAD DIDÁCTICA	37
i. JUSTIFICACIÓN DE LA UNIDAD	37
ii. TEMPORALIZACIÓN	38
iii. OBJETIVOS GENERALES (DE LA ETAPA)	38
iv. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (DE FÍSICA Y QUÍMICA)	41
v. ACTIVIDADES	42
vi. EVALUACIÓN	62
4. CONCLUSIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXO 1. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL DE LAS FAMILIAS DEL COLEGIO PEDRO POVEDA DE JAEN	69

RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Máster tiene como finalidad la formulación de la propuesta de dos unidades didácticas destinadas al alumnado de Física y Química de 3º de ESO. La primera de estas unidades versará sobre la electricidad y la segunda sobre la historia de la tabla periódica, teniendo como elemento común y diferenciador de las mismas el encontrarse basadas en la exploración de la Historia de la ciencia como recurso para el aprendizaje. La propuesta de las actividades se formulará adaptándose a las características del centro en el que tendría lugar su desarrollo, el “Colegio Pedro Poveda”.

ABSTRACT

The purpose of this Master's Final Project is to formulate the proposal of two teaching units for students of Physics and Chemistry of 3º ESO. The first of these units will focus on electricity and the second on the history of the periodic table, having as their common and differentiating element the fact that they are based on the exploration of the History of Science as a resource for learning. The proposal of the activities will be formulated adapting to the characteristics of the center where its development would take place, the “Colegio Pedro Poveda”.

PALABRAS CLAVE

Historia de la ciencia, enseñanza de las ciencias, educación secundaria.

KEYWORDS

History of science, science education, secondary education.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La ciencia ha sido definida como el conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistémicamente estructurados, de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva, comprobables experimentalmente (DRAE, 2019). Autores como Whewell (1840) hablaban de ciencia como todo aquello que realiza una persona que sigue el método científico, frente a definiciones más sencillas, como la de Aristóteles, que ya en el siglo VI a.C definía ciencia como sinónimo de filosofía, de conocimiento científico e incluso del “episteme” (Salgado, 2012).

Del mismo modo que en la actualidad no se podría comprender la filosofía en el currículo educativo sin comprender el contexto histórico-filosófico, estudiar el avance de la ciencia dentro de un conjunto de circunstancias sociales, históricos y culturales se consagra como un auténtico requisito para estudiar la ciencia en su conjunto, si bien este tipo de contextualizaciones suelen provocar, como veremos a lo largo del presente trabajo, un rechazo por parte del alumnado, que prefiere centrarse en partes prácticas o “útiles” de la asignatura para su día a día.

El presente trabajo de proyección didáctica se va a dividir en dos partes: un núcleo epistemológico en el que se analizará la importancia de la Historia de la ciencia mediante el análisis de las sociedades humanas desde el punto de vista científico-teórico, encuadrándose el mismo dentro de la ingeniería eléctrica a finales del siglo XIX en EEUU con el enfrentamiento que se produjo entre los científicos Thomas Alba Edison y Nikola Tesla, episodio que se conectará con el currículo de 3º de la ESO, a nivel autonómico y estatal.

En segundo lugar, se realizará una propuesta didáctica en la que se propone la realización de una serie de actividades que, enmarcadas dentro del uso de metodologías de naturaleza activa y participativa que parten del alcance de unos objetivos y destrezas exigidas por la propia normativa, tenderán a incrementar el conocimiento epistemológico del alumnado siguiendo actividades diseñadas por autores como Acevedo o García-Carmona, entre otros.

La presente propuesta tiende, en este sentido, a incrementar el conocimiento puramente epistemológico de la ciencia de los alumnos de 3º de la ESO y alcanzar los objetivos curriculares que se extraen de la propia normativa estatal y autonómica a través del estudio de un componente no puramente epistemológico como es la historia de la ciencia. Para ello, se hará uso de estrategias y metodologías de trabajo activo que tienden, entre otras medidas, a incorporar el “debate académico” como recurso

didáctico. Para ello, se seguirá el programa marco Horizonte 2020 para la Investigación e Innovación en la Unión Europea, el cual recoge, entre sus objetivos básicos, la función de “promover la participación ciudadana en la ciencia, de manera que los ciudadanos desarrollen intereses y capacidades hacia la ciencia, que les permitan participar activamente en actividades científicas” (Ministerio de Ciencia, 2018).

En este sentido se pasa a realizar un estudio científico-tecnológico que tiende más a la comprensión de la ciencia en sí misma, desde un punto de vista epistemológico, que, a su práctica y desarrollo, que entendemos que está puramente consolidada en una sociedad de carácter puramente consumista y capitalista, que ignora realmente cuales son los principios conceptuales y epistemológicos que rodean a un mundo cada vez más tecnificado. Para ello, se refuerza la influencia del “divulgador científico”, que en este caso será el docente, tal y como ya la definían Carl Sagan o Isaac Asimov (Pylot, 2000).

Así, el objetivo esencial del presente trabajo es proponer un proyecto didáctico para acercar la ciencia, su historia y su desarrollo, de forma paralela a la evolución de las sociedades humanas, contextualizando a la ciencia y al científico como partícipes fundamentales de la sociedad, para lo cual se proponen una serie de unidades didácticas basadas en controversias científicas, conocimientos previos coherentes, vanguardistas, útiles, constructivistas y realizables que permitirán a los alumnos alcanzar las habilidades y destrezas exigidas por la legislación curricular estatal y autonómica.

2. FUNDAMENTACIÓN EPISTEMOLÓGICA

a. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

A lo largo del presente trabajo se hace una revisión de la historia de la ciencia como disciplina de estudio, comprendiendo cuál es su origen, donde se enmarca su naturaleza u objetivos y cuáles fueron sus principales exponentes, para a posteriori realizar un resumen de cuál es su situación en la etapa contemporánea.

Se puede decir que la historia de la ciencia como disciplina nace de forma exacta en el año 1931, al fundarse la revista “Isis” sobre Historia de la ciencia, en la cual el considerado padre en este campo, George Sarton, químico y matemático belga describe el progreso de filosofía y ciencia promoviendo influencias muy significativas entre ambas partes. Para este autor, la Historia de la ciencia era una disciplina a la vez que un método de investigación heurístico que mostraba los encadenamientos de los descubrimientos, los métodos y tecnología antiguos, y la evolución de las doctrinas científicas.

Así, una idea descartada en el pasado puede ser fundamental en el futuro (Peset, 2009). La ciencia no puede ofrecer una explicación completa de la realidad en la medida en que existen límites fundamentales en el conocimiento. Es decir, mientras que no exista un conocimiento científico, histórico y filosófico completo previo, la ciencia estará “interminada”, tal y como afirmaba Sols (2014).

La historia de la ciencia madura como disciplina en el siglo XX, y sobre todo a partir de los años 30, momento en el que comienzan a aparecer las críticas al progreso de la ciencia. La primera postura positivista que va de la mano de filósofos como Cometo Stuart Mill, que ven la ciencia como un constante progreso, hasta una autentica ruptura drástica con este axioma por la escuela francesa historicista, con representantes como Bachelard, Foucault y Canguilhem, que advierten de la no linealidad en el desarrollo científico y añaden un análisis que pretende entenderla sin entrar en juicios sobre el desarrollo científico.

A posteriori, exponentes como Joseph Needham, afirman que no sólo la ciencia se ve influenciada por cuestiones políticas, y la Historia de la ciencia no está libre de agentes externos, estableciendo que la misma tiene una historia interna propia que ha de situarse al margen de agentes externos, y que su evolución tiene un camino propio que puede verse influida por la acción de diversos agentes (Villamar, 2015).

Dentro del ámbito de la enseñanza, la historia de la ciencia se ha marginado por los propios diseñadores de planes de estudios, excepto en honrosas excepciones. Algunos ejemplos que la han tratado podrían ser por ejemplo los relativos al Project

Physics" en los años 1970 llevado a cabo por la Universidad de Harvard con el objetivo de diseñar un curso de Física con orientación humanística (Rutherford, Holton y Watson, 1970).

El currículo inicial de Ciencias en Dinamarca otorga una gran importancia a la Historia de la Ciencia (en adelante HDC) y se presenta la ciencia como una actividad propiamente humana (Nielsen y Thomsen, 1990). Desde hace dos décadas los "National Science Education Standards" de EEUU recomendaron la incorporación de la Historia de la ciencia en la educación científica de los estudiantes de la Secundaria, para mejorar el entendimiento de ciertos aspectos de la naturaleza de la ciencia, así como otros programas más recientes: EURYDICE, 2011 o NGGS, 2013 (Acevedo, 2016).

Como afirmaba Campanario (1998), la Educación Secundaria Obligatoria debe analizar los procesos históricos de la historia de la ciencia como uno de los pilares esenciales que permite a cualquier profesor de ciencias incrementar los resultados de enseñanza-aprendizaje en sus alumnos y alumnas, dando a la historia de la ciencia la importancia que requiere, la cual ha quedado relegada en la actualidad a sesiones puramente residuales o introductorias, que no han recibido la atención merecida dentro del desarrollo de las unidades o de las programaciones didácticas de las asignaturas de ciencias.

b. REFERENCIAS HISTÓRICAS A LA CIENCIA

Como científicos honestos ante la verdad, el origen de la ciencia tal como la entendemos nace con el cisma léxico que surge en el Renacimiento que diferencia entre Filosofía y ciencia. Sin embargo, no sería justo ni preciso eliminar tantos siglos de desarrollo científico por un problema lingüístico. ¿Acaso alguien podría decir que matemáticos como Pitágoras o Tales de Mileto no eran realmente matemáticos y por tanto científicos? La mayoría de manuales y libros de texto a los que el alumnado tiene acceso sitúan el origen de la ciencia en la cultura griega antigua. Sin querer desvalorarla, este análisis es cuanto menos etnocentrista. Si se quiere poner de manifiesto la universalidad de la ciencia y cómo está íntimamente ligada al desarrollo social humano, no podemos obviar un sinfín de avances científicos por nuestra concepción eurocéntrica de la realidad. De tal forma este proyecto pondrá el origen de la ciencia donde la lógica establece que le corresponde: en las primeras civilizaciones sedentarias humanas (René, 1985).

El interés por la enseñanza de la historia de la ciencia es creciente en todo el mundo, a pesar de las trabas que existen para su introducción en el currículo educativo (Acevedo, 2010). En España, la Historia de la ciencia está muy lejos de considerarse un

componente clave de la educación científica de cualquiera de los niveles educativos, pues la atención que ha recibido es muy escasa, y el conocimiento por parte de los profesores y docentes es escaso, lo que impide promover acciones formativas que ayuden al alumnado a adquirir la comprensión básica de su estudio (Acevedo, 2010). De todo lo anterior que sea urgente promover acciones formativas destinadas a que el profesorado de ciencias adquiriera una comprensión básica de determinados aspectos de la historia de la ciencia, aprendiendo a manejar recursos y a promover estrategias educativas y técnicas de evaluación que sirvan para implementar su estudio de forma eficaz y exitosa (Acevedo, 2017).

Tras haber realizado una pequeña introducción epistemológica sobre la naturaleza de la ciencia, procedemos a desglosar cuales han sido las grandes civilizaciones que serán de gran interés durante el desarrollo de nuestra propuesta didáctica, por la innegable relevancia que ha tenido su desarrollo en la historia contemporánea.

i. EGIPTO.

En Egipto, el desarrollo del conocimiento se originó, entre otras cosas, por la necesidad de controlar los fenómenos naturales como medida de supervivencia que permitía adaptar el medio a las necesidades de sus ciudadanos. En Egipto existía un conocimiento que se basaba en la observación empírica y en la inducción que queda recogido por primera vez de forma escrita, que es utilizado por una clase religiosa que conforman un conjunto de “sacerdotes” que promocionan en gran medida que filósofos-científicos no solo egipcios, sino de todo el mundo antiguo, compartan sus “hallazgos”, instrumentos de medida, herramientas, tecnología y axiomas con el fin de controlar las crecidas del río Nilo, realizar construcciones faraónicas, canalizaciones para las ciudades, etc. (Solis, 2013).

No existía un método científico tal y como lo entiende la concepción moderna, pero sí que se podía observar una forma de trabajar que obtuvo logros no superados por la cultura de occidente hasta finales del siglo XIII. En esta etapa, son destacables los avances en geometría (como el Teorema de Pitágoras), utilizados en ciencias como la arquitectura, a la astronomía, la medicina o la química (con la llegada de los primeros perfumes). Todo el conocimiento, hoy avance científico, estaba sujeto a explicaciones de naturaleza místico-religiosa, observándose un desarrollo que es promovido por el devenir de distintas dinastías, movimientos migratorios, desastres naturales e incluso conflictos bélicos. De ahí que Karl Marx lo menciona como un “modo de producción/desarrollo asiático-egipcio”, o a un “despotismo hidráulico”.

ii. CHINA

China fue una de las principales civilizaciones que contribuyó al desarrollo de la ciencia. Los inmensos avances en astronomía, como pudiera ser el registro del primer atlas de cometas y eclipse, o la invención del reloj solar en el año 4000 a.C. el desarrollo científico en China se vería favorecido por una sociedad gobernante de naturaleza eminentemente culta, que se caracterizaba por la existencia de un sistema escrito muy elaborado y por la con existencia de religiones y filosofías de vida de lo más variopinto, tales como el taoísmo, el confucionismo o el budismo, que promovían el conocimiento al mismo tiempo que comprendían la coexistencia de mitos o parafernalias de tipo religioso, que no se puede decir que lastrasen a la investigación científica.

En China, la labor realizada por filósofos y científicos era difusa: existía un trabajo de recapitulación y recogida de conocimientos por parte de lo que entenderíamos los occidentales como filósofos, dejando la postulación de hipotensos a lo científico. De ahí que se pueda decir que en China aparece un “germen científico occidental” (Solis, 2013).

iii. GRECIA

Después de este breve repaso de las civilizaciones de corte mesopotámico y del Lejano Oriente es cuando podemos, por fin, acercarnos al origen de lo que en Occidente se conoce como el nacimiento de la ciencia: Antigua Grecia.

Durante lo que queda de siglo V y el siguiente IV a.C, se produce un retroceso en el desarrollo de nuevo conocimiento científico. Hablamos del que es uno de los mayores periodos de la filosofía Occidental: Sócrates y Platón. A pesar de que ambos gigantes de la filosofía (más bien Platón mencionando a Sócrates que, como otros personajes anteriores, tampoco dejó testimonio escrito) influirán enormemente en los científicos posteriores, no obstante, el mayor interés de los dos recaería en cuestiones de índole social, espiritual o metafísico.

Esta tradición racionalista se rompe por primera vez y de manera dramática con la aparición de Aristóteles, alumno de la Academia, ergo de Platón. Sin embargo, su pensamiento no puede considerarse una continuación de los dos anteriores ya que, de hecho, Aristóteles mantiene una corriente materialista del universo completamente contraria al idealismo de sus predecesores (gran parte de su obra es una crítica al idealismo). Muchas de sus trabajos se ven influenciadas por el trabajo de su padre (médico) y ve en la observación un principio fundamental para entender los principios que rigen las leyes naturales (empirismo científico). Vemos grandes aportaciones en el

campo de la zoología con la biología, llegando a conclusiones sumamente precisas para su tiempo.

Por ejemplo, determinó que los delfines son mamíferos o que no existe ningún animal mamífero con colmillos y cuernos, clasificó e identificó (los animales marinos fueron su predilección) numerosísimas como verdadero precursor de la zoología y taxonomía. Era un agudo observador y predominantemente biólogo (de hecho, diferenció entre biólogos mecanicistas y vitalistas, clasificación que sigue vigente). Así mismo coincidió con algunos predecesores en la teoría de evolución de las especies. Definió conceptos como materia (apoyándose en las teorías atómicas de Demócrito), movimiento o potencia. Añadió nuevos argumentos para demostrar la esfericidad terrestre: “cuando viajó hacia el norte las estrellas del sur dejan de ser visibles, lo cual sería imposible si la Tierra fuera plana” y mediante el estudio de la sombra de la Luna sobre la Tierra, y así también argumentó la esfericidad de ésta.

No se sabe exactamente el motivo por el cual el desarrollo científico se estancó durante esta época. Una de las teorías es que las obras que se realizaron estaban escritas en griego dorio, un dialecto usado en la Magna Grecia, en lugar del griego clásico, lo que impediría la comprensión y expansión de sus obras. Otra teoría parte de la prevalencia de la técnica y el pragmatismo del siguiente poder dominante en Europa: Roma. De forma general, se puede decir que el periodo helenístico duró desde la muerte de Alejandro Magno (en el año 321 a.C hasta la incorporación del Egipto de Cleopatra como provincial romano en el año 31 a.C.

Durante dicha etapa, la ciencia se vivió en una serie de ramas del saber y se creó el denominado “episteme”, dejando de ser relevante la figura del filósofo ateniense para dejar lugar de forma progresiva a la aparición de la figura del científico. Incluso dentro de los científicos se empezaron a clasificar los primeros expertos de cada rama: matemáticos, geómetras, arquitectos, ingenieros, biólogos y médicos fueron, entre otras, las principales especialidades que comenzaban a dar importancia a la ciencia y al perfeccionamiento de la técnica.

De todo lo anterior que se pueda extraer que la técnica fue una característica esencial durante el periodo helenístico. El avance científico estuvo caracterizado por la focalización de personas en el desarrollo de trabajos concretos, de ahí que nos refiramos durante dicha etapa al progreso de la técnica. Además, se comenzaba a producir un auténtico intercambio comercial y de personas entre Oriente y Occidente, lo que a corto plazo trajo una sustancial mejora de la técnica relacionada con la aparición del asfaltado, los primeros diseños navales, los mapas de constelaciones, las brújulas e incluso la

creación de los primeros telescopios. No obstante, dicha brillantez inicial se eclipsó por un posterior declive, pues el desmembramiento súbito del imperio helenístico desmembraba al nuevo conocimiento. El avance técnico requería de una “alimentación constante” a su nuevo conocimiento científico, pero el mismo se llegó a convertir en una rutina que convirtió la espiritualidad del saber en un auténtico conocimiento técnico sin vistas al progreso.

La construcción de la Biblioteca de Alejandría, y de muchas otras a lo largo del mediterráneo como la de Pérgamo o Éfeso, así como su gran faro, son representación más que clara de la ciencia helenística: véase, en este sentido, el trágico final que tuvieron dichos elementos

iv. ROMA

Realmente, no se puede decir que los romanos hicieran una amplia aportación en el mundo de la ciencia. Aunque esto puede parecer sorprendente, las ideas clave que nos sirven para argumentar dicho fenómeno son las siguientes (René, 1985):

- Roma surgió como una monarquía local que, tras una serie de invasiones celtas del norte, se convertiría en una República de carácter oligarca. Sus relaciones comerciales con colonias griegas y con el norte de África la convirtieron en un poder marítimo considerable. Una vez que los griegos están bajo su dominio, Roma se enfrenta a la potencia de Cartago, potencia comercial del norte de África. Esto da lugar a una cadena de conquistas y expansión territorial que no se había visto hasta entonces.
- El capital humano mayoritario en la economía romana eran los esclavos, como consecuencia de su expansión territorial y del incremento de eficiencia y poder económico. Este sistema esclavista trajo múltiples beneficios económicos, si bien se consolidaría como uno de los puntos débiles y letales para el desarrollo de la ciencia.
- Roma, una vez que se habían establecido sus fronteras tras la Segunda Guerra Púnica, se transformó en un poder de aspiración globalista, en el sentido en que más que de sumisión, su expansión tenía un carácter de incorporación y asimilación. Este modelo, junto a su enorme poder militar, propició la permanencia del poder Romano durante casi 1000 años.

De las tres ideas anteriores se extra, pues, se puede extraer el escaso desarrollo científico romano. El poder de Roma se basaba en una maquinaria industrial y económico enfocado a una continua expansión y acumulación de recursos y territorios

que obligaba a gran parte de la población que podía “hacer ciencia” a luchar u ocuparse de la adquisición de nuevos territorios, de ahí que prácticamente no existiesen científicos en el sentido técnico de la palabra, es decir, no había personas que se enfocasen en el desarrollo o el trabajo de la ciencia.

Otro motivo clave para comprender el poco desarrollo de la ciencia en el imperio romano es la existencia de una figura clave: “la servidumbre”. *¿Qué necesidad tenían los romanos de mejorar la técnica si quien realizaba las tareas más rutinarias y dañinas o peligrosas eran esclavos cuyo valor social era nulo?, ¿Qué vida intentamos mejorar o qué tiempo invertir en otras tareas si quien las realiza no tiene otra misión vital que servir?* La esclavitud llevaba, de uno u otro modo, a anular la mejora técnica de la sociedad y el progreso de la innovación.

La única mejora técnica que existía era la de aquellos artesanos que se especializaban usando el empirismo propio de su tarea diaria, el cual no era compartido por todas las zonas de la República, sino que quedaba limitado a la localidad, que a menudo se promocionaba con motivo de “exclusividad comercial” para extraer, de nuevo, un beneficio económico. Así, podemos decir que una mano de obra de naturaleza esclava anula cualquier mejora de naturaleza técnica o científica (Solís, 2013).

Además de todo lo anterior, y por tratarse el romano de un imperio de facto mundial, el mismo requería de una estructura de control excepcionalmente compleja. Consecuencia de ello es que ramas como la del derecho o la legislativa tengan en la actualidad una amplia herencia de leyes, decretos y judicatura francamente innovadora y transcendental para la historia de la humanidad, con origen romano. Sin embargo, el foco de interés de los intelectuales y pensadores de la época se centraba en la moralidad y la justicia, lo que al final se hizo en detrimento del libre pensar científico, con escasos ejemplos como el de Séneca, que fue capaz de interesarse al mismo tiempo por los saberes políticos y científicos. Si bien es cierto que grandes intelectuales e historiadores romanos como Cicerón, Virgilio o Plinio el viejo dedicaban enormes ensayos a alabar a la ciencia y los grandes sabios, y prueba de ello son las múltiples obras bibliográficas repartidas por la cuenca oriental del Mediterráneo, no se puede decir que el contexto histórico y político ayudase a su desarrollo ni a la mejora técnica.

No se puede decir que existiese pues ciencia romana, y la conquista de los territorios helenísticos no supuso un cambio en la ciencia que se vino desarrollando en Alejandría, único referente de los pocos logros científicos de la época. Uno de los ámbitos donde sí que se puede decir que Roma tuvo una gran influencia es sobre la evolución de la medicina, pues fue capaz de atraer, por su gran valor político y comercial,

a un gran número de terapeutas que dieron lugar a importantes obras como a la recopilación de Galeno de Pérgamo, o a la consecución de un avance notable en anatomía, que no tuvo grandes mejoras hasta casi 18 siglos después.

A partir de finales del siglo II d.C se comienza a observar un decaimiento general del trabajo científico, si bien no será hasta el siglo III cuando se observará la auténtica caída sin freno de la ciencia dentro de la denominada “Crisis del Siglo III d.C”. Durante la Edad Media, como consecuencia de la caída del Imperio de Occidente, surge un tipo de trabajo científico caracterizado por el sistema económico feudal, las constantes luchas de poderes regionales y el control férreo de la doctrina escolástica mientras que en Oriente, en el Imperio Bizantino (ellos se seguían denominando romanos) se continúa en cierta forma con un espíritu científico alejandrino, pero bajo el control también del cristianismo, y ahora ya sin Alejandría como centro de las ciencias (René, 1985).

c. LA IMPORTANCIA DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA

Como afirmaba el profesor Prats, doctor en Historia Moderna y catedrático de la Universidad de Barcelona, especializado en Didáctica de la Historia, la historia de la ciencia es un elemento esencial para “formar a personas con criterio”. La misma permite reflexionar sobre el conjunto de la sociedad en tiempos pasados, ayudando a comprender la importancia de los fenómenos históricos y los procesos que se llevaron a cabo para el desarrollo del método científico tal y como hoy lo conocemos. En este sentido, y para dicho autor, la ciencia permite (Prats, 2007):

- Comprender el presente, gracias a la comprensión de los procesos y los elementos de desarrollo que han llevado a las teorías científicas actuales.
- Fortalecer las identidades nacionales, con el conocimiento de las invenciones y técnicas científicas que se desarrollan en cada parte del mundo.
- Incorporar un valor añadido a la enseñanza del currículo, desde el punto de vista del desarrollo y la potenciación de destrezas y habilidades intelectuales que son exigidas por el propio currículo educativo.
- Utilizar metodologías de aprendizaje activo relacionadas con el aprendizaje cooperativo, lo que al final permite desarrollar las destrezas sociales.
- Desarrollar el espíritu crítico, gracias a la comparación de acontecimientos históricos, políticos y sociales que dan lugar a la ciencia tal y como hoy la conocemos.

Por otra parte, como señala (Iparraguirre, 2007) no resulta aconsejable que los estudiantes aborden de manera aislada el aprendizaje de cada uno de los conceptos,

ignorando el contexto en el que estos surgen o las aplicaciones prácticas que se vinculen a los mismos. Lo que defiende el autor, por tanto, es un aprendizaje contextualizado, introduciendo referencias históricas que expliquen la evolución de los conceptos objeto de estudio, partiendo de los problemas que dieron lugar a la aparición del concepto y transitando a través de los procesos llevados a cabo para la solución de los mismos.

Desde otra perspectiva, (Castro, Gómez y Llavona, 2012) han destacado aquellos aspectos que conformarían una visión descontextualizada de la ciencia, lo que de alguna forma se contrapone al modelo anteriormente esbozado, y que serían los siguientes:

- El modelo imperante en la enseñanza de las ciencias y en el contexto de la Educación Secundaria se basa en una visión tradicional que divide el conocimiento en áreas inconexas entre sí, lo que obliga al alumnado a tratar las materias, no como conocimientos interconectados entre sí, sino de forma aislada.

- Se tiende a presentar las ciencias como un *maremágnum* de conocimientos operativos, instando al alumno a <<operar y formular>> en lugar de comprender.

- El inductivismo como base de la metodología científica incita a que se enfoque la ciencia como un conjunto de verdades exentas de cualquier cuestionamiento, señalando la objetividad y verdad como elementos notables que conforman un conocimiento absoluto.

- Se destaca también la importancia de la contextualización histórica de los conceptos, ya que, sin la misma, resulta inviable que el alumnado alcance, mediante la relación de estos, una perspectiva global, deparando así una visión histórica en la que se deforman concepciones fundamentales para un aprendizaje estructurado.

d. MODELOS CONSTRUCTIVISTAS EN LA ENSEÑANZA DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA

Cuando se habla de modelos constructivistas del aprendizaje se está haciendo referencia a (Coloma y Tafur, 1999) un modelo pedagógico que bebe de diversas teorías y ámbitos de conocimiento: desde el punto de partida de la filosofía, empezaría con Kant y la formulación de cuestiones tales como *¿qué conocemos?* y *¿por qué lo conocemos?* En el ámbito de la psicología, arranca con Piaget, asumiendo que un conocimiento da lugar a otro más elaborado y complejo. Finalmente, en el campo de la pedagogía, autores como Montessori defendieron el papel de la actividad en el proceso de aprendizaje.

El siguiente gráfico expone de manera sintetizada los distintos enfoques constructivistas que inciden en esta concepción del proceso de enseñanza-aprendizaje,

reflejando la importancia de diversas teorías que aluden a aspectos de naturaleza dispar, tanto cultural, como pedagógicos, en lo referido al procesamiento de información, el cual protagoniza buena parte del referido proceso de enseñanza-aprendizaje:

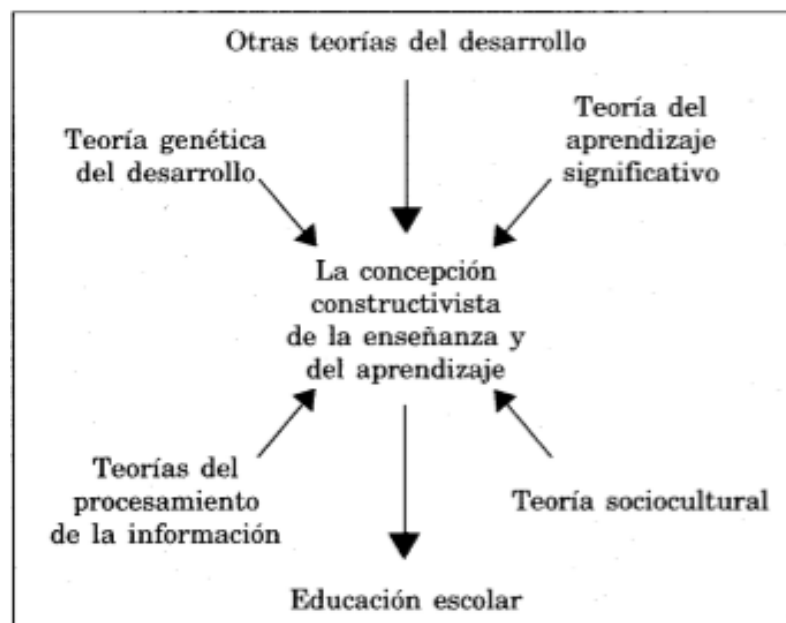


Figura 1. Fuente: (Coloma y Tafur, 1999)

Pues bien, dentro de este enfoque constructivista, autores como (Gilbert y Watts, 1983) han aludido a diversos modelos metodológicos:

El modelo evolutivo: se parte de la premisa de que la evolución del pensamiento es inviable sino viene aparejada a la aparición de nuevos conceptos, de modo que estos sirvan como elemento para resolver las cuestiones que hasta ese momento carecían de una respuesta. Se genera así un “nuevo conocimiento” que se transmite a lo largo de la historia. Este modelo se aplicaría de forma análoga al proceso de enseñanza-aprendizaje, asumiendo que el alumnado priorizará aquellos conceptos con una capacidad resolutoria más evidente.

El modelo paso a paso. Siguiendo este modelo, puede llegarse a la conformación del concepto verdadero a través de una secuencia de aprendizaje que se apoye en la jerarquización de los errores conceptuales detectados, de forma que, a partir de un primer error de mayor envergadura, se detecten los elementos que lo llevaban a ser un conocimiento “falaz” y se apliquen las correcciones a diferentes estratos, comprendiendo la relación entre unos y otros.

El modelo de la catástrofe. En este caso, el objetivo es que el alumno sea capaz de construir una nueva idea, ponderándola respecto a otras posibilidades y defendiéndola de las críticas del resto. Ello requiere que establezca vínculos entre ideas

actuales y presentes. Gracias a ello, se desarrolla la habilidad de agrupar experiencias y ejemplos, así como ideas pasadas con ideas presentes, es decir, se le acerca al método científico de una manera sencilla y siendo él mismo quien construye el discurso.

Por otra parte, conviene señalar algunas vicisitudes acerca de este recurso didáctico:

Algunas de las principales ventajas de la Historia de la ciencia como recurso pedagógico ya han sido traídas a colación anteriormente, tales como la potenciación de la capacidad crítica y discursiva del alumnado acerca de los procesos propios del método científico, tratando así que el alumnado comprenda tanto la importancia de los marcos conceptuales como la dificultad que entraña la superación de unas creencias asentadas cuando las mismas son objeto de refutación.

No obstante, un correcto empleo de este recurso requiere que se tengan en cuenta algunas cuestiones que pueden resultar contraproducentes en relación a los objetivos que con esta propuesta pedagógica se persiguen.

Como señala (Campanario, 1998) podemos encontrarnos con una materia excesivamente amplia, dado que reconstruir los procesos de descubrimiento científico que fijaron conceptos innovadores puede resultar complejo e incluso, se entiende que insinúa el autor, implicar cierta carga de conocimiento poco útil en la actualidad, al hacer referencia a conceptos, teorías o metodologías obsoletos a día de hoy.

Otros autores (Gil, 1994) han hecho hincapié en el riesgo implícito de que se proporcione un enfoque excesivamente sociológico de la Ciencia, o, dicho de otro modo, una visión <<acientífica>>, lo que se alejaría de los objetivos curriculares más básicos, en este caso, de la asignatura de Física y Química.

e. LOS RELATOS DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA (HDC) PARA ABORDAR CUESTIONES SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA (NDC): DOS EJEMPLOS PRÁCTICOS

Como señala (Banet, 2010), la NDC aún está lejos de convertirse en un componente curricular de relevancia en los distintos niveles educativos y en países como España. Una consecuencia directa de esto es que los propios profesores de Ciencias poseen un conocimiento limitado de la NDC como recurso. Esto provoca la necesidad (Vázquez et al. 2013) de que se promuevan acciones formativas encaminadas a que el profesorado adquiera competencias básicas a la hora de manejar este tipo de recursos y estrategias educativas.

Dicha estrategia ha de pasar, necesariamente, por la inducción por parte del docente y ante el alumnado de replantearse determinados fundamentos científicos

desde una perspectiva crítica, desde la premisa de que no existe la <<ciencia infusa>, es decir, todo lo que hoy hemos asimilado como conocimiento que se enmarca dentro del legado científico acumulativo tiene detrás uno, o, generalmente, muchos nombres propios.

Nuestra propuesta de aprendizaje aprovechando el recurso de la Historia de la ciencia estará basada, la primera de ellas, es un episodio célebre y, la segunda, en una pequeña narración histórica:

El primero de estos, con el que se tratará el tema de la electricidad, será el de la “Guerra de las corrientes”, que en el siglo XIX confrontó los planteamientos de Tesla y de Edison, resulta recomendable que se plantee un segundo ejemplo de la misma naturaleza, lo que permite comparar el interés de los elementos que brindan uno y otro en relación a los objetivos que posteriormente se formularán.

En esta línea, (Acevedo y Carmona, 2016) son autores de una publicación en la que nos apoyaremos para el desarrollo de las sesiones, ya que contiene una de las modalidades de aprovechamiento de este recurso más valoradas desde el ámbito académico, como es el planteamiento de la citada controversia. Exponemos, brevemente, el contenido del citado artículo en el que nos apoyaremos.

Los autores hacen referencia a la tendencia existente a mostrar la interacción entre ciencia y tecnología como una conexión casual, en la línea de lo que anteriormente señalábamos. El momento histórico del que ha de partir el planteamiento de la unidad didáctica es el de la presentación de la bombilla de Edison en 1879, y de la repercusión que la misma adquiere, dos años después, en la Exposición Mundial de París.

El planteamiento de Edison estribaba en el desarrollo del sistema de corriente continua (DC) –un concepto presente en el currículo de la asignatura de Física y Química en 3º de ESO- que, mediante la capitalización de su bombilla incandescente mejorada, distribuyese energía eléctrica a la población. La puesta en marcha de esta idea transformó el cielo de la ciudad, tal y como puede apreciarse en la imagen (que también será exhibida en el marco del desarrollo de la unidad didáctica):

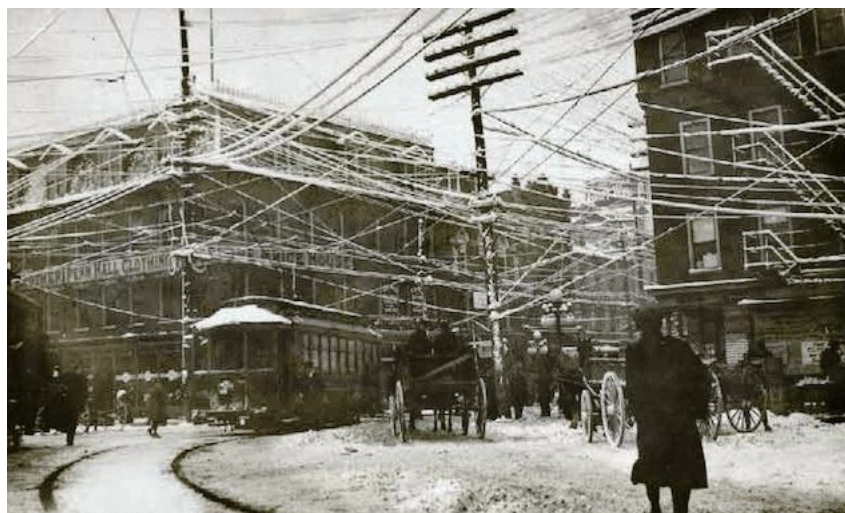


Imagen 1. Cableado aéreo sobre Nueva York (1887). Fuente:

<https://www.researchgate.net>

No obstante, la idea de Edison puesta en marcha comenzó pronto a exhibir ciertas deficiencias: requería la instalación de múltiples generadores por toda la ciudad y la distribución de la electricidad no podía llevarse más allá de 1 o 2 kilómetros. Además, no se contaba con transformadores que permitieran el flujo de electricidad a diferentes voltajes, con lo que el cableado destinado al uso de la población y el de uso industrial debían discurrir por diferentes líneas eléctricas, además de asumir el elevado coste que suponía la transmisión de DC a 110 voltios.

La conclusión fue, por tanto, que el sistema de Edison funcionaba, pero generaba unos costes difíciles de asumir cuando aparecía la demanda de electrificación a gran escala. Prácticamente al mismo tiempo en el que se materializaba la idea de Edison, en 1884, un joven de 28 años, Nikola Tesla, llegaba a Nueva York.

Tesla no había trabajado aún con corriente continua (DC) pero sí que, en 1882, había construido su primer motor de corriente alterna (AC). Cuando llega a Estados Unidos, comienza a trabajar a las órdenes de Edison. Solo tardó un año en dar con la clave para solucionar los referidos problemas que planteaba el sistema de distribución eléctrica planteado por Edison.

Tesla planteó a Edison que las pérdidas de energía en la transmisión de electricidad estaban condicionadas por la intensidad de la corriente que circulase por la línea, de modo que estableció una regla proporcional: a mayor voltaje, se necesitaba menos intensidad de corriente para llevar a cabo la transmisión de la misma potencia.

De este modo, optando por la corriente alterna en lugar de la corriente continua, podía elevarse con un transformador que se pudiese transportar entre largas distancias

exponiéndose a una menor pérdida de energía, además de prescindir de cables de cobre tan gruesos como se venían utilizando. Edison rechazó este planteamiento, en parte debido a un móvil económico, ya que poseía el monopolio de la fabricación de generadores, transmisores y equipos de mantenimiento para poner en marcha la DC. Esto supuso que Tesla dejara de trabajar para él, iniciándose así, propiamente dicha, la controversia *Edison vs Tesla*, comenzaba la “Guerra de las corrientes”.

Desde ese momento, Tesla comenzó a trabajar por cuenta propia, instalándose en un laboratorio propio en Manhattan, gracias, en parte, a la importante aportación económica de algunos inversores de la época, fundando poco después, en 1886, su propia empresa, *Tesla Electric Light and Manufacturing*. Estos conceptos, como los años concretos, no serán conocimientos que se exijan como tales al alumnado, si bien destacarlos nos parece positivo, para una mejor contextualización del devenir del momento histórico que se aborda.

Tan solo dos años después, en 1886, Tesla realizó dos demostraciones en las que exhibía sus motores de inducción de AC en dos fases, los cuales permitían manejar voltajes mayores que los motores de DC de Edison. Gracias a ello, la recién fundada empresa *Westinghouse Electric Corporation* (WEC), que había nacido para competir comercialmente con la empresa de Edison, se interesa en su proyecto y decide financiar el proyecto de Tesla, comprando sus patentes.

Se inicia así una histórica guerra comercial en la que el modelo de AC de Tesla conquista su primera victoria gracias a la adjudicación a WEC del contrato para la iluminación de la ciudad de Chicago, dado que, además de que la instalación era mucho menos antiestética, el presupuesto para su materialización se reducía a la mitad que el calculado por la empresa de Edison.

Este, a su vez, trató de difamar a su competidor, llegando incluso a distribuir por la ciudad carteles con historias falseadas, acerca de la peligrosidad de la AC. Tesla contrató recurriendo a la demostración empírica: el propio Tesla se expuso a una descarga de AC que, tras atravesar su cuerpo, no le infringió daño alguno.

La “guerra de las corrientes” concluye cuando la *Niagara Falls Power Company* encarga a WEC la aplicación de su sistema de transmisión eléctrica, el cual se basaba íntegramente en la tecnología desarrollada por Tesla. Comienzan así unas obras que culminarían con la puesta en marcha de la primera central hidroeléctrica del mundo, ubicándose en un lugar tan emblemático como las cataratas del Niágara.

Las obras comenzaron en 1893. Tres años después, concretamente, el 16 de noviembre de 1896, se inicia el suministro de energía eléctrica desde la central hasta las

industrias de Buffalo, a una distancia aproximada de 32 kilómetros. Ese mismo año, la ciudad de Buffalo se convertiría en la primera del mundo iluminada por energía eléctrica mediante AC.

De este modo, si bien es cierto que lo que comenzó como una profunda discrepancia teórica entre dos grandes científicos derivó a una guerra comercial y tecnológica entre grandes empresas, se puede afirmar que el progresivo reemplazo de la DC por AC supuso, al fin de esta guerra, la victoria de los planteamientos del alumno sobre el maestro, de Tesla sobre Edison.

El siguiente cartel, cuya autoría intelectual pertenece a Academia Play, concentra comparativamente los aspectos más importantes de esta controversia, y en el que nos apoyaremos para enriquecer la propia explicación con material visual que contribuya a la asimilación de conceptos por parte el alumnado:

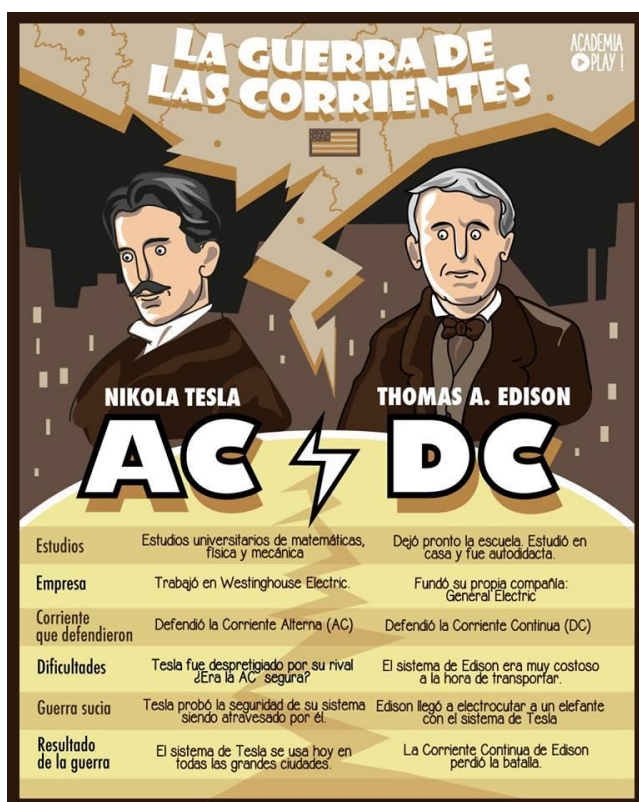


Imagen 2.Fuente: <https://academiaplay.es/>

La segunda de las unidades tendrá como tema de la historia de la tabla periódica. El hecho de separar la existencia sin datar de elementos químicos y su asimilación por parte del conocimiento científico puede resultar una relación conceptual compleja para el alumnado. Esta circunstancia incrementa la importancia de que se enfoque la relación entre la humanidad y dichos elementos desde un punto de vista, si se quiere

“antropológico” o “utilista”, encajando, así, en nuestro propósito de exponer la unidad didáctica desde la perspectiva de la HDC.

Por tanto, hay que, inicialmente, aludir a aquellos materiales que han sido conocidos por distintas civilizaciones desde la Edad Antigua, tales como el oro, la plata, el hierro o el cobre. Entonces, evidentemente, no se disponía de un conocimiento científico como tal acerca de estos, sino que su dominio se limitaba a la capacidad para poder transformar y malear los materiales en función del uso que se les quisiera dar a cada uno de ellos.

Posteriormente, durante el siglo XVIII y XIX, y gracias al avance en la tecnología y los métodos empleados por la comunidad científica, paulatinamente se van descubriendo nuevos elementos, agrandándose cada vez más el grupo.

El problema surge cuando los científicos comienzan a encontrar comportamientos químicos y propiedades parecidas que coincidían en diversos elementos. Esto generó la necesidad de establecer una serie de criterios que permitieran su clasificación sistemática, para así facilitar su estudio. La similitud que se apreciaba entre algunos de estos elementos fue lo que impulsó la idea de agruparlos en familias.

Tempranamente, en 1829, científicos como el alemán Johann Döbereiner, realizaron las primeras aproximaciones a una sistematización de los elementos químicos. Trató de establecer conexiones entre estos, atendiendo a la similitud entre el cloro, bromo e iodo, y en la variación regular de las propiedades de estos.

Debe destacarse también la aportación de Joseph Alexander Newlands, quien estableció la ley de las octavas, ordenando los elementos químicos que por aquel entonces se conocían en función de su peso atómico, para posteriormente disponerlos en columnas verticales, compuesta cada una de ellas por siete elementos, con lo que pudo detectar como en multitud de casos existía una coincidencia en filas horizontales, presentando los elementos una variación regular y propiedades similares.

No obstante, el británico cometió un error en la disposición de su planteamiento, ya que el hecho de que otorgase a todas las columnas verticales la misma longitud supuso que se dieran coincidencias en las líneas horizontales entre elementos sin ningún tipo de relación, lo que provocó que sus estudios no resultasen concluyentes.

No obstante, el primer nombre propio que el alumnado debe conocer en profundidad, a tenor de la relevancia de sus aportaciones, es el de Dimitri Mendeleiev. En 1869 hace pública su clasificación, la cual consistía en la ordenación de los elementos

en filas y columnas, siguiendo un orden creciente en función de la masa atómica de cada uno de ellos. Todos los elementos que compartían columna presentaban también las mismas propiedades comunes, situándose a continuación unos de otros, atendiendo, como decíamos, a su masa atómica.

Mendeleiev, además, fue muy previsor. Consciente de que aún quedaban otros elementos químicos por descubrir, por lo que decidió dejar en la tabla algunos espacios en blanco para la posterior ubicación de dichos elementos. En los años posteriores se ubicaron en dichos huecos elementos como el Galio, descubierto por Boisbaudran en 1875, el escandio, que descubre Nilson en 1879, o el germanio, por Winkler, en 1886.

De hecho, podría afirmarse que tal previsión fue determinante para que Mendeleiev obtuviera la merecida credibilidad, dado que inicialmente la comunidad científica había acogido con frialdad y escepticismo su propuesta de tabla periódica. Con el descubrimiento de Boisbaudran –ajeno completamente a la propuesta del ruso- y los posteriores citados, al comprobar que, efectivamente, en el caso del galio, su peso atómico se correspondía con el valor atribuido, recibió un impulso inigualable y la debida credibilidad.

Según se iban produciendo los citados descubrimientos, mayor era el grado de reconocimiento que recibía Mendeleiev, salvo en Rusia, su país de origen, dado que no escondía su postura de oposición contra el gobierno imperial. Incluso, finalmente, tuvo que renunciar a su plaza de profesor en la Universidad de San Petersburgo.

Es interesante completar la explicación con algún dato biográfico de Mendeleiev ligada a su actividad como científico. Un buen apunte (García, 2019) es la influencia del día a día del científico en su determinación por sistematizar los elementos químicos hasta idear la tabla periódica.

Y es que, Mendeleiev, además a la investigación, también se dedicaba a la enseñanza. Ello explica que buscara la forma más efectiva de explicar los elementos químicos a su alumnado.

Algunos consideran una injusticia que nunca ganase el premio Nobel. No obstante, mucho tiempo después, en 1955, recibiría un sentido homenaje. El 1955 un grupo de científicos descubrieron un nuevo elemento radioactivo, el que a posteriori ocuparía la casilla 101 de la actual tabla periódica. Este elemento recibe el nombre de mendelevio. A continuación, puede verse la tabla periódica de Mendeleiev:

La tabla periódica de Mendeleev (1871)

Reihen	Gruppe I. — R ² O	Gruppe II. — RO	Gruppe III. — R ² O ³	Gruppe IV. RH ⁴ RO ²	Gruppe V. RH ³ R ² O ⁵	Gruppe VI. RH ² RO ³	Gruppe VII. RH R ² O ⁷	Gruppe VIII. — RO ⁴
1	H = 1							
2	Li = 7	Be = 9,4	B = 11	C = 12	N = 14	O = 16	F = 19	
3	Na = 23	Mg = 24	Al = 27,3	Si = 28	P = 31	S = 32	Cl = 35,5	
4	K = 39	Ca = 40	— = 44	Ti = 48	V = 51	Cr = 52	Mn = 55	Fe = 56, Co = 59, Ni = 59, Cu = 63.
5	(Cu = 63)	Zn = 65	— = 68	— = 72	As = 75	Se = 78	Br = 80	
6	Rb = 85	Sr = 87	?Yt = 88	Zr = 90	Nb = 94	Mo = 96	— = 100	Ru = 104, Rh = 104, Pd = 106, Ag = 108
7	(Ag = 108)	Cd = 112	In = 113	Sn = 118	Sb = 122	Te = 125	J = 127	
8	Cs = 133	Ba = 137	?Di = 138	?Ce = 140	—	—	—	—
9	(—)	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	?Er = 178	?La = 180	Ta = 182	W = 184	—	Os = 195, Ir = 197, Pt = 198, Au = 199
11	(Au = 199)	Hg = 200	Tl = 204	Pb = 207	Bi = 208	—	—	
12	—	—	—	Th = 231	—	U = 240	—	

Imagen 3. Fuente: <http://www.fqsaja.com>

Posteriormente, acercaremos al alumnado a la tabla periódica que se utiliza en la actualidad, es decir, aquella publicada en 1954 por Alfred Werner y Friedrich Paneth. Estos subsanaron los errores que presentaba la tabla periódica de Mendeleiev, ordenando los elementos químicos en función del orden creciente de números atómicos, lo que se apoyó en una nueva demostración científica: el hecho de que tanto las propiedades químicas como algunas propiedades físicas dependen de la configuración electrónica de la última capa de los átomos.

De este modo, la ordenación se basa en columnas, a las cuales se denominan grupos. Todos los elementos químicos de cada uno de los grupos tienen la misma configuración electrónica. Por otra parte, a las filas se le denominan periodos, teniendo en ellos un número atómico propio cada elemento químico, una unidad mayor que el de aquel que tiene a su izquierda. De este modo, se plantea una tabla basada en una sistematización que no da lugar a errores.

Posteriormente, se hará hincapié en el hecho de que, ni siquiera a día de hoy, conocemos todos los elementos químicos existentes, sino que la comunidad científica sigue haciendo avances, habiendo sido descubiertos los últimos elementos químicos conocidos, de hecho, hace unos pocos años.

3. PROYECCIÓN DIDÁCTICA

a. JUSTIFICACIÓN

La presente propuesta didáctica, compuesta a su vez por dos unidades concretas, se ubica dentro del currículum oficial de la asignatura Física y Química de 3º de la ESO, que se ha desarrollado atendiendo a la titulación correspondiente, a nivel estatal, a partir del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato y, a nivel autonómico, por la Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado.

Así, los dos temas esenciales que se pormenorizan en el estudio de la unidad didáctica son los siguientes:

El uso de la Historia de la Ciencia (HDC) como recurso didáctico. El Sistema Periódico de los elementos (Bloque número 2 del currículo de Física y Química para tercero de la ESO)

- La energía eléctrica (Bloque número 5 del currículo de Física y Química para tercero de la ESO).

Conviene concretar que, con arreglo a la referida Orden de 14 de julio de 2016 de la Junta de Andalucía, el currículo de Física y Química de 3º de ESO está compuesto por un total de cinco bloques. Junto al anterior, se incluyen los de la actividad científica (Bloque 1), los cambios y reacciones químicas (bloque 3) y el movimiento y las fuerzas (bloque 4).

De este modo, nos encontramos con un desarrollo curricular no demasiado extenso, que nos permite introducir con cierta profundidad cada una de las materias que lo componen. El primero de estos bloques, el dedicado a la actividad científica, constituye un conocimiento básico y fundamental no solo a nivel teórico, sino también para adquirir las destrezas metodológicas que permitan afrontar con autonomía las distintas actividades y tareas que se irán proponiendo sucesivamente a lo largo del curso, lo que justifica que ocupe buena parte del primer trimestre del mismo.

El bloque 2, dedicado a la materia, es uno de los que conllevan una mayor carga de contenidos, lo que justifica que ocupe, al igual que el bloque 1, una parte importante de la programación a lo largo del curso, además de ser su dominio imprescindible para

la correcta comprensión de los bloques sucesivos, como el de los cambios químicos. La inclusión de actividades participativas y el uso de recursos que incentiven la investigación también lo convierten en un bloque ideal para asentar lo estudiado en el anterior acerca de la actividad científica y afrontar con mayor solidez los bloques sucesivos.

Como señalábamos, el bloque quinto, dedicado a la energía, es el último de los que conforman el currículo de la asignatura, siendo, a su vez, uno de aquellos en los que los criterios de evaluación conectan de forma más estrecha con las aplicaciones prácticas. Por ello consideramos que, en este caso, el recurso de la Historia de la Ciencia a través del caso particular de Edison y Tesla puede servir tanto para ajustar el contenido de la asignatura al currículo como, ya que se prevé la realización de actividades colaborativas y de investigación evaluables, confirmar los progresos alcanzados por el alumnado a lo largo del curso y establecer si el planteamiento de los recursos ha reportado los beneficios que se esperaban.

La energía es una temática que, quizás por la cotidianeidad que ha adquirido, no suele tratarse con especial interés dentro del desarrollo curricular de la asignatura de Física y Química. Resulta evidente que estamos rodeados de energía y de fuentes de energía de todo tipo, que aprovechamos de forma energética para llevar a cabo las labores diarias de todo ciudadano del siglo XXI.

El desarrollo de la tecnología ha sido capaz de transformar y aprovechar un tipo de energía en otro que ha resultado vital para la producción de una serie de cambios políticos y sociales que, a nivel global, han permitido el desarrollo del método científico y el posterior desarrollo de la técnica, que nos permite el aprovechamiento eléctrico para la satisfacción de las necesidades humanas, necesidades que tienden al cambio y que, al mismo tiempo, exigen de nuevo del progreso de la mejora técnica.

Para justificar el uso de la Historia de la ciencia como recurso didáctico, se toma como base la investigación de Miguel Campanario (1998) para la Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, que precisamente trata sobre las ventajas que este recurso tiene en la enseñanza de las ciencias y siguiendo además las recomendaciones de programas educativos oficiales en muchos países (Eurydice, 2011).

Se parte de la base de que los enfoques tradicionales no han venido haciendo referencia al proceso histórico de desarrollo del nuevo conocimiento científico y, cuando lo han hecho, ha sido exclusivamente en el campo de las conclusiones, sin llegar a comprender cuales han sido los problemas y condicionantes que motivaron su origen, así como los elementos económicos y sociales que llevaron a su consagración (Otero,

1990). Solamente se han hecho hasta hoy referencias prácticamente residuales, por ejemplo, al conectar la capacidad eléctrica como relación entre carga eléctrica y potencial eléctrico, sin llegar a explicar cómo se llegó a esa conclusión y en qué orden se formularon sus conceptos.

Una de las ventajas que ha demostrado el uso de la Historia de la Ciencia en el currículum de ciencias ha sido el desarrollo de las denominadas “ideas previas” que ya fueron descartadas en el pasado, y pueden coincidir con las ideas que desarrolla el alumnado. Comprender la historia de la ciencia en este sentido permitiría reducir las relaciones afectivas negativas cuando se comprueba que la mayoría de ideas preexistentes sobre la ciencia podrían ser erróneas o equivocadas. Creemos, además, que la inclusión de la historia de la ciencia en el currículum de Física y Química permite que alumnos y alumnas valoren cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología (Acevedo, 2015).

No ha pasado inadvertido el hecho de que (Torres, 2010) una de las razones que explica la frecuente falta de interés por parte del alumnado y en relación al estudio de las Ciencias guarda cierta relación con las fórmulas de enseñanza a las que se ha venido recurriendo tradicionalmente, al no conectar suficientemente el contenido de las materias con sus aplicaciones prácticas y el mundo que rodea al alumnado, lo que desemboca en la referida falta de motivación.

En lo que a justificación curricular se refiere, la presente unidad didáctica se enmarca dentro del Bloque I de introducción a la ciencia y al método científico, así como dentro del Bloque V, para el alumnado de 3º de la ESO. La unidad didáctica pondrá de manifiesto como los científicos han llegado al conocimiento actual gracias a una serie de decisiones, investigaciones y avances.

Todos los conceptos que se tratarán en este sentido se enmarcan dentro del Real Decreto 1105/2014, 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la ESO y del Bachillerato, para la asignatura de Física y Química, que cobra un papel esencial en el desarrollo intelectual de los alumnos, compartiendo con el resto de disciplinas las responsabilidades de promover en ellos la adquisición de las competencias necesarias para que puedan integrarse en la sociedad de forma activa.

Como disciplina científica tiene el compromiso añadido de dotar al alumno de herramientas específicas que le permitan afrontar el futuro con garantías, participando en el desarrollo económico y social al que está ligada la capacidad científica, tecnológica e innovadora de la propia sociedad.

Para que estas expectativas se concreten, la enseñanza de esta materia debe incentivar un aprendizaje contextualizado que relacione los principios en vigor con la evolución histórica del conocimiento científico; que establezca la relación entre ciencia, tecnología y sociedad; que potencie la argumentación verbal, la capacidad de establecer relaciones cuantitativas y espaciales, así como la de resolver problemas con precisión y rigor.

Además de todo lo anterior, la propuesta tiende a utilizar las metodologías de enseñanza-aprendizaje activo que permitan al alumno alcanzar las nuevas habilidades y disciplinas relacionadas con el desarrollo de los principios de igualdad, no discriminación e inclusión, entre otros, directamente exigidos en el desarrollo de Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) y, posteriormente, de la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE).

En el apartado correspondiente a la descripción de la metodología ahondaremos en algunas de las propuestas más innovadoras que han adquirido relevancia en la actualidad.

b. CONTEXTUALIZACIÓN DEL CENTRO ESCOLAR

La presente propuesta didáctica se contextualiza en el Colegio Pedro Poveda, centro educativo de naturaleza concertada cuya entidad titular es la “Institución Teresiana”, una Asociación Internacional de Laicos de la Iglesia Católica cuya finalidad es “es contribuir a la promoción humana y social, a través de mediaciones educativas y culturales, participando de la misión evangelizadora de la Iglesia”.

Se trata de un centro fundado por el sacerdote y pedagogo san Pedro Poveda, en Covadonga (Asturias, España) en 1911, cuya presencia se extiende en treinta países de los continentes europeo, americano, asiático y africano. Sus asociados viven los valores del Evangelio, procuran una seria preparación y realizan la misión de la Institución Teresiana en entidades públicas y privadas, a través del ejercicio profesional (Institución Teresiana, 2018).

La oferta educativa del Colegio Pedro Poveda se centra en las etapas de Educación Infantil (desde los tres años), Educación Primaria y Educación Secundaria. Es, dentro de la educación secundaria, donde se contextualiza la presente propuesta. Se trata de un centro comprometido con la realidad social y cultural de la realidad actual, que hace siempre uso, como elemento transversal de su actuación, de los valores evangélicos. Entre las principales características del centro se encuentran las siguientes (Colegio Pedro Poveda, 2019):

- Considera la educación desde el punto de vista de la voluntad democrática y solidaria, ofreciendo conocimientos y habilidades relacionadas con la autonomía, la dignidad y la responsabilidad de los futuros ciudadanos.
- Entiende la acción educativa como “un compromiso con la realidad sociocultural del momento y de la sociedad concreta de Andalucía en la que está inserto.
- Cuenta con seis unidades de Educación Infantil, doce de Educación Primaria, ocho de Educación Secundaria Obligatoria y un Aula de Apoyo a la Integración.
- Tiene un total de 681 alumnos, pertenecientes a 478 familias.
- El claustro está integrado por 43 profesores, dos orientadoras, una profesora de apoyo y logopedia y 3 personas del grupo administración y servicios.
- Está ubicado en el casco antiguo de Jaén, en una zona de calles estrechas y casas antiguas, y otra parte de ensanche de la ciudad con vías nuevas y barriadas diseminadas.

En todo caso, se trata de un centro caracterizado por el ambiente familiar, por un nivel socioeconómico y cultural medio y por un alto nivel de preocupación por la enseñanza del alumnado por parte de padres y madres. Tal y como se extrae del propio Proyecto Educativo del centro, el nivel socioeconómico de las familias que accedieron al centro en la pasada década podría calificarse como “medio”, creciendo progresivamente en los últimos años el número de familias cuyo padre o madre están en paro o se encuentran en dificultades económicas por cualquier motivo. En este caso, se extrae dicho estudio socioeconómico y cultural en el anexo 1 de este mismo documento.

Para comprender la estructura organizativa, es esencial partir de la definición de la comunidad educativa del mismo, tal y como ya la definía Cent (2000). En este sentido, la comunidad educativa sería “un conglomerado que aúna a personal del centro, familias y al propio alumnado”, entendidos estos como una serie de sujetos que tienden a alcanzar una finalidad única directamente relacionada con la aplicación de un recurso educativo (en este caso la historia de la ciencia como recurso didáctico) que tiende a dar respuesta a las exigencias sociales, educativas y sociales. Entre los principales elementos organizativos de los que consta el centro se recogen los siguientes:

- Los órganos de gobierno. Dichos órganos pueden organizarse bien de forma unipersonal o colegiada y, tal y como se prevén en la LOE, facilitan la participación de los distintos sectores humanos de las enseñanzas y la actividad educativa del centro.

- Los documentos de centro. Entre estos, se podrían citar el Proyecto Educativo de Centro (PEC), el Reglamento de Organización y Funcionamiento o el Plan de Atención a la Diversidad, documentos que tienden a dar respuesta a las exigencias de la Ley Orgánica de educación (LOE) y a su desarrollo por la Ley de Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), así como a los decretos que a nivel autonómico y estatal establecen el currículo educativo para las enseñanzas de educación secundaria.
- Los canales de información y comunicación, que esencialmente son el AMPA y el Consejo Escolar, en los que se lleva a cabo la toma de decisiones y democracia participativa del centro.

A nivel arquitectónico, podemos decir que el Colegio Pedro Poveda es relativamente moderno, y que cuenta con todos los elementos arquitectónicos que exige la legislación al respecto, entre los cuales se encuentran aquellas rampas y ascensores que permiten la movilidad de todo el alumnado. Todo ello se hace, usualmente, para dar respuesta al denominado principio “de atención a la diversidad”, el cual de forma material y formal ha de permitir la participación de todo el alumnado en el centro con independencia de su diversidad de intereses y motivaciones, respetando cualquier diversidad funcional que se presente conforme a la normativa al efecto.

Por otra parte, es fundamental analizar cuáles son los recursos tanto materiales como humanos con los que cuenta el centro, ya que estos condicionarán las posibles limitaciones que se darán en el desarrollo de las actividades propuestas.

En primer lugar, en cuanto a los recursos materiales, ha de destacarse la pluralidad de dependencias y prestaciones que se encuentran disponibles en el centro. Concretamente, destina un total de 8 aulas al alumnado de la ESO, es decir, dos de ellas para cada nivel desde Primero hasta Cuarto, con un total de entre 26 y 31 alumnos por clase. Todas estas aulas se encuentran dotadas del equipamiento necesario para el uso de las TIC, esencialmente una pizarra digital en la que, de manera dinámica, puedan proyectarse diversos contenidos, tales como vídeos, presentaciones con diapositivas, y otros elementos a los que se hará referencia en el apartado correspondiente al inventariado de recursos materiales y humanos.

Nos encontramos, en lo que se refiere a los docentes del centro, con que este cuenta con un plan de formación del profesorado en el que se presta atención tanto al dominio de las tecnologías TIC como, en el caso concreto de secundaria, otras

propuestas metodológicas innovadoras, tales como el trabajo por proyectos, el agrupamiento flexible o el desarrollo de clases invertidas.

Esta última, también denominada aula invertida o *flipped classroom* responde a un concepto acuñado, precisamente, por dos profesores de Química de la Escuela de Secundaria de Woodland Park, en Colorado, Estados Unidos. Desde el año 2007 comenzaron a grabar sus clases magistrales, así como presentaciones en powerpoint con notas de audio, archivos que posteriormente subían a Internet con el fin de que aquellos alumnos que no pudieran asistir presencialmente a sus clases no se quedasen rezagados respecto al resto. Resulta, sin duda, otra propuesta metodológica interesante a la hora de abordar los conceptos propios de la materia desde una perspectiva en la que se replantea el proceso de enseñanza-aprendizaje tradicional.

Finalmente, señalar que en la propia página web del centro se facilita, como Anexo 19 de la normativa para el curso 18-19 la denominada “Normativa de funcionamiento del móvil o dispositivos electrónicos (DDEE)”, en las que se recoge la posibilidad de hacer uso del móvil en aquellas “horas y áreas definidas por cada uno de los/as profesores que lo consideren oportuno”, de modo que no existe inconveniente alguno a la hora de recurrir a estas herramientas durante las sesiones de clase, lo que amplía el abanico de recursos a disposición del docente.

c. METODOLOGÍA

Cuando se hace referencia a una metodología didáctica, de acuerdo a la definición que en su art. 2.1.g) dispone el vigente “Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y de Bachillerato”, la cual se conceptualiza como aquel “conjunto de estrategias, procedimientos y acciones organizadas y planificadas por el profesorado, de manera consciente y reflexiva, con la finalidad de posibilitar el aprendizaje del alumnado y el logro de los objetivos planteados”.

Como se ha aludido anteriormente, se parte desde un enfoque constructivista, a través de lo cual se persigue tanto agilizar la construcción activa de conocimientos desde un planteamiento accesible para el alumnado, como la estimulación del autoaprendizaje basado en la reflexión y la crítica.

Este constructivismo, implica, por tanto, y para evitar que el alumnado pueda caer en la desmotivación como consecuencia de verse abrumados por los contenidos que se exponen, de forma que para alcanzar un aprendizaje significativo, es necesario tener en cuenta constantemente lo que estos ya saben, extremo que se reflejará en la propuesta de unidades didácticas a través de sesiones en las que se llevarán a cabo

actividades dinámicas con el fin de que el desarrollo de las actividades se ajuste al nivel del aula.

Este extremo se incardina con lo previsto en el anteriormente citado Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, y que en su art. 7 recoge una serie de recomendaciones en relación a la metodología didáctica. De este modo, uno de los elementos preferentes es que el proceso de enseñanza-aprendizaje se caracterice por su vocación transversal, dinamismo, y por ser abordado desde todas las materias y ámbitos de conocimiento. Por otra parte, en el mismo artículo, se insta a potenciar tanto el desarrollo individual del alumnado y su trabajo autónomo como la cooperación y el trabajo en equipo.

Partimos de la aceptación de que ninguna de las metodologías a las que recurramos se encontrará exenta de defectos o de vicisitudes negativas, es decir, se asume que no existe una metodología perfecta a recurrir. Ello hace recomendable que se contemplen las distintas metodologías didácticas que se consideran actualmente.

Mirando hacia atrás, es evidente que la metodología a la que se ha venido tradicionalmente recurriendo para el proceso de aprendizaje en el ámbito de las Ciencias puede calificarse como desfasada de acuerdo a los planteamientos curriculares actualmente vigentes, que chocan con una enseñanza puramente <<propedéutica>>, es decir, encaminada a la preparación para el estudio, en enseñanzas superiores, de una ciencia o disciplina concreta.

En esta, podríamos denominar, confrontación entre metodologías tradicionales y metodologías innovadoras, cabe poner de relevancia algunas tendencias actuales como las siguientes, que reflejan el señalado contraste:

El aprendizaje por indagación. Actualmente, la indagación relacionada con cuestiones adyacentes al ámbito científico (Garritz, 2006) se ha convertido en una práctica diaria que no se limita únicamente a los profesionales de este ámbito, sino al conjunto de la población, esgrimiéndose así la necesidad de que se persevere en la denominada <<alfabetización científica>>, cuya vía más óptima es aquella que transcurre a través del estudio de situaciones que surgen en la vida cotidiana.

No obstante, otros autores como (Romero-Ariza, 2017) han cuestionado que existan evidencias suficientes en cuanto a los beneficios que esta metodología puede reportar en el ámbito de la enseñanza de las ciencias.

Así, la referida autora ha puesto en duda que la indagación realmente favorezca la alfabetización científica, apoyándose en investigaciones recientes, centradas en la relación entre los resultados en las pruebas PISA y las metodologías utilizadas en el aula, de lo cual se desprendía la existencia de un predictor negativo del rendimiento académico, aunque, a su vez, subyacía una correlación positiva entre el uso del aprendizaje por indagación y el interés del alumnado por las ciencias.

Por tanto, cabría afirmar que el nivel de éxito que pueda reportar una metodología basada en el aprendizaje por indagación se encuentra notablemente condicionado por el planteamiento del docente, pues los mejores resultados, según las investigaciones analizadas por la autora, se perciben cuando se opta por un aprendizaje basado en la indagación guiada.

Al margen de lo anterior, destaca el propio (Garritz, 2006) que el proceso de enseñanza-aprendizaje en el ámbito de la educación reglada ha de fijar entre sus principales objetivos el fomentar una actitud positiva de los estudiantes hacia la ciencia, de modo que dicha habilidad adquirida durante el periodo académico les resulte de utilidad a lo largo de toda su vida, tanto profesional como personal. En este sentido, el autor señala una serie de características que han de hallarse presentes en una nueva metodología basada en estas prioridades:

- Los objetivos propuestos se fijarán con arreglo a criterios que, en mayor o menor medida, resulten alcanzables por todo el alumnado.

- Los temas y los diferentes conceptos que conformen estos han de ser fácilmente identificables, para evitar que existan lo que podrían denominarse <<agujeros negros>> en el aprendizaje.

- El aprendizaje científico ha de tener siempre presente la evidencia científica, rentabilizando las diferentes opciones de prácticas y demostraciones que exploten la evidencia científica.

- El conocimiento científico ha de ser acumulativo, lo que implica la necesidad de que los contenidos propuestos partan de lo que ya sabe el alumnado, centrándose en aquellas cuestiones de mayor relevancia en el ámbito personal y social.

- Los mecanismos de evaluación habrán de atender tanto a los conocimientos previos del alumnado como a los logros alcanzados a través del proceso de enseñanza-aprendizaje en cuestión, en consonancia siempre con los criterios fijados por el currículum educativo.

Por tanto, es fundamental que este proceso de aprendizaje por indagación en el contexto de la ciencia tenga como punto de partida la curiosidad científica del propio alumnado, y el entorno cotidiano como estimulante para poner en valor las aplicaciones diarias que puede tener el conocimiento adquirido. Esto encaja con nuestra propuesta de unidades didácticas basadas en la Historia de la ciencia, ya que la contextualización de los hitos científicos a los que se hacen alusión mantienen vigencia, en cuanto a su utilidad, a día de hoy.

En relación a lo anterior, destacaba también (Romero-Ariza, 2017) que la imposibilidad de extraer conclusiones claras acerca de la conveniencia de esta metodología y los beneficios reportados por la misma devenía, en buena parte, como consecuencia de las dificultades para la implementación de una indagación de calidad en el aula. Cabe reconocer, consideramos, que se trata de una metodología con implicaciones que distan notablemente de otros métodos más “tradicionales” o “convencionales”, lo que exige al docente un trabajo de mayor profundidad, con el fin de fomentar un correcto razonamiento y desarrollo de la capacidad argumental, algo que a través de un solo bloque o, incluso, de un solo curso, puede tornarse un objetivo de viabilidad limitada.

Por otra parte, en la actualidad resulta prácticamente indispensable el empleo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Como advierten algunos autores (Valiente, 2010) el uso de estas TIC no implica una mejora automática del proceso de aprendizaje, sino que es necesario indagar en los aportes reales que estas puedan aportar a la enseñanza de la ciencia sin que puedan suponer un retroceso, habida cuenta de que cuando hablamos de TIC nos abrimos a un repertorio muy amplio de recursos.

Como han puesto de relevancia (Romero-Ariza y Quesada, 2014) si bien es cierto que se trata de un recurso que brinda múltiples posibilidades, es necesario que los docentes que se decanten por recurrir a él lo hagan desde un enfoque crítico, sin perder de vista la necesidad de abordarlo desde una perspectiva pedagógica y proporcionando al alumnado la orientación necesaria para evitar que a través de estos recursos se acabe obteniendo el resultado opuesto al deseado, es decir, que se acaben reforzando determinados errores conceptuales.

En este sentido, como punto de partida, nos hacemos eco de la recopilación de clasificaciones efectuada por (López, Couso et al, 2017) sobre las principales propuestas para las TIC educativas:

AUTORES	DIMENSIÓN	CATEGORÍAS	EJEMPLOS DE TIC
(Papert 1999)	Según la relación del estudiante con la autoría del contenido	TICs que presentan contenido que el estudiante recibe y consume	Reproductores de videos y animaciones
		TICs que permiten al estudiante producir	Editores de vídeo y animaciones
(Zhao, 2003)	Según el grado de especificidad respecto la disciplina escolar	TICs específicas para ciencias	Simulaciones y microscopios
		TICs generalistas para cualquier área	Pizarras digitales y programas de ofimática
(Hofstein y Lunetta, 2004)	Según la naturaleza real o virtual de los fenómenos asociados a su uso	TICs que tratan con fenómenos reales	Sensores para recoger datos en experimentos reales
		TICs que tratan con fenómenos virtuales (simulados)	Laboratorios virtuales que simulan experimentos
(Pintó, 2009)	Según la concepción implícita del aprendizaje	TICs con enfoque transmisivo	Ejercicios de respuesta única tipo Hot Potatoes
		TICs con enfoque socio-constructivista	Mapas conceptuales y programas de modelización

Figura 3. Fuente: (López, Couso et al, 2017)

Como ponen de relevancia (Romero-Ariza y Quesada, 2014), resulta esencial que exista una comunicación fluida y una voluntad de cooperación entre los profesionales de las enseñanzas de las ciencias, para así construir un conocimiento conjunto acerca de cuáles son las herramientas más útiles a la hora de alcanzar el fin último de cualquier

metodología, el de incrementar la motivación del alumnado hacia la ciencia y contribuir a la puesta en valor del conocimiento científico para el conjunto de la sociedad.

Concretando en este punto la metodología a la que recurriremos, una vez abordadas diferentes propuestas que, si bien no seguiremos de manera rigurosa, resultan aportaciones igualmente valiosas a la hora de tratar el uso de la Historia de la ciencia como recurso metodológico, y basándonos en (Castro, Gómez y Llavona, 2012) distinguimos seis etapas a través de las que posteriormente estructuraremos nuestras propuestas de unidades didácticas:

Etapas 1. Contextualización histórica.

Inicialmente, debe exponerse al alumnado el contexto histórico en el que se encuadra la teoría, modelo o conceptos objeto de estudio, lo que resulta esencial a la hora de favorecer el entendimiento de la trayectoria y evolución temporal que los mismos han experimentado, lo que contribuye a comprender que el conocimiento científico no reviste carácter estático, sino que evoluciona continuamente, y que dicha evolución responde a factores de diversa índole. A modo de ejemplo, reproducimos el esquema que facilitan los autores del artículo, y que explica la evolución de los modelos atómicos:

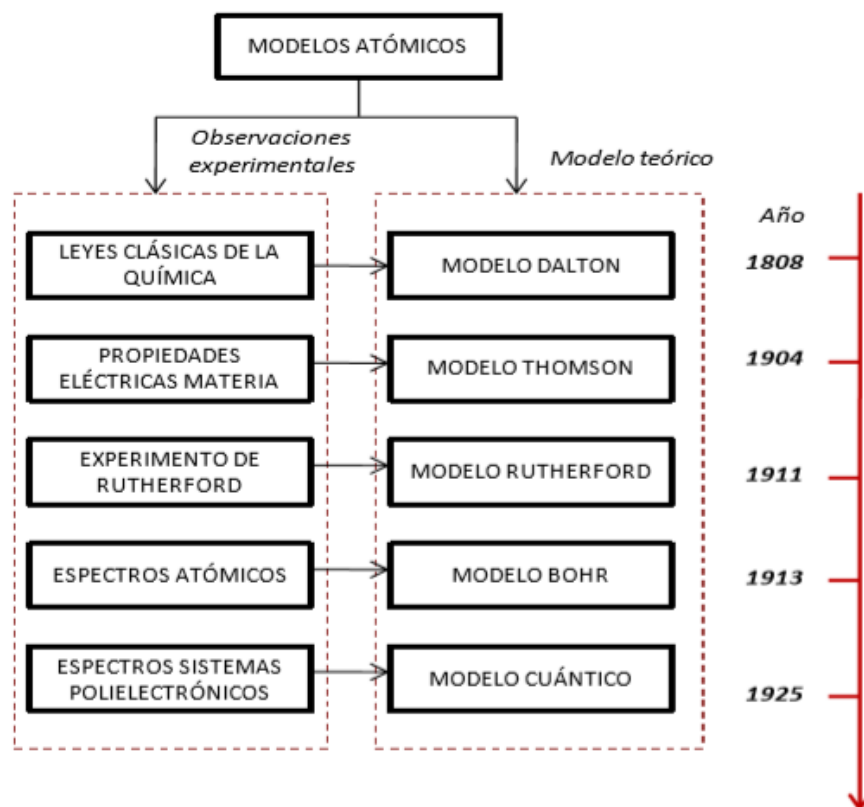


Figura 4. Fuente: (Castro, Gómez y Llavona, 2012)

Etapas 2. Ideas previas.

Como ya se ha puesto de relevancia, uno de los factores que condiciona el éxito de este tipo de actividades es la adaptación del contenido de las mismas a los conocimientos que previamente posea el alumnado, por ello, resulta imprescindible emplear recursos que permitan valorar esta circunstancia.

Ha de tenerse en cuenta que dicho conocimiento previo no ha sido obtenido únicamente a partir de la educación reglada cursada anteriormente, sino también desde otros medios, como la televisión o Internet, donde, además de enfocarse desde una óptica divulgativa –lo cual, dicho sea de paso, no ha de verse como un aspecto estrictamente negativo-, si bien ha de tenerse en cuenta a la hora de valorar la <<reformulación>> de los conceptos por parte del alumnado, identificando aquellos que hayan podido asimilar en base a ideas erróneas, o sobre los que tengan un conocimiento más aproximado o <<vago>>.

Etapas 3. Hacia el autoaprendizaje regulado.

Tal y como recoge el RD 1105/2014 en distintos apartados, y reconociéndose como una competencia básica del currículo en la ESO, <<aprender a aprender>> es una de las habilidades fundamentales que el alumnado debe adquirir durante esta etapa. Una vez que se ha ofrecido la contextualización histórica y se han analizado las ideas previas del alumnado, este podrá valorar el modo en que aquellos científicos célebres que protagonicen los casos objeto de estudio han construido los conceptos en cuestión y su propia forma de aprendizaje, para que, de forma autónoma, sin perjuicio de que sean siempre guiados por el profesor, valoren los ajustes que resulten necesarios.

Etapas 4. Generando pensamiento crítico.

El hecho de que se generen discrepancias tanto entre las ideas previas del alumnado y los diferentes conocimientos y conceptos científicos que se expongan, así como entre las propias ideas previas de los distintos alumnos, puede resultar un arma de doble filo: por un lado, es un elemento que contribuye a la estimulación y motivación en el proceso de aprendizaje, pero, por otro, y como destacan los autores, requiere un tratamiento cuidadoso, con el fin de evitar formulaciones erróneas.

El objetivo es dotar al alumnado de las herramientas necesarias para que autónomamente sean capaces de refutar sus propias ideas y formular hipótesis alternativas, trabajando de este modo el pensamiento abstracto.

Etapas 5. El lenguaje y forma de trabajo científico.

En esta etapa, el objetivo es cristalizar la transición desde el lenguaje coloquial hacia el lenguaje científico. Aquí, de nuevo, resulta fundamental el papel del docente como guía del grupo, aportando el lenguaje preciso para la formulación de nuevas ideas, constituyendo una competencia básica al final de cada una de las etapas.

Por otro lado, también ha de hacerse hincapié en la experimentación, la descripción y los procedimientos científicos, claves para alcanzar un aprendizaje significativo, lo que puede alcanzarse a través de, por ejemplo, el diseño y propuesta de trabajos prácticos, que, en consonancia con sus características específicas, permita desarrollar habilidades propias de la ciencia. Esto conecta con otras metodologías como el trabajo por proyectos, la cual, como se ha hecho mención, constituye una línea prioritaria en la formación prevista para el profesorado del colegio Pedro Poveda.

Etapa 6. Construyendo nuevos aprendizajes.

En esta última fase, resulta fundamental destacar el carácter parcial o incompleto de los conocimientos antiguos en relación a los nuevos, del mismo modo que estos, llegado el momento, se verán <<superados>> por los conocimientos futuros. El objetivo es que el alumnado comprenda que, si bien las ideas que va adquiriendo presentan un nivel de corrección o precisión mayor que las anteriores, ha de delimitarse este aspecto de forma conveniente, valorando la aportación que las ideas anteriores proporcionan a las subsiguientes.

d. RECURSOS MATERIALES Y RECURSOS HUMANOS

Como se ha descrito en el apartado correspondiente a la contextualización del centro escolar, este se encuentra dotado de los recursos necesarios para el desarrollo de actividades que requieran el empleo de recursos propios de las TIC.

Los recursos materiales que se emplearán en el desarrollo de las unidades didácticas previstas serán los siguientes:

- Aula propia del grupo. No será necesario, atendiendo a la naturaleza de las actividades y a los recursos con los que cuenta el aula para la ESO, la utilización de ninguno de los espacios singulares del centro.

- Material didáctico. Este será proporcionado, ya sea en formato físico (fotocopias) o digital por parte del profesorado, evitando así que sea necesaria la realización de un desembolso económico por parte del alumnado.

- Papel y bolígrafo, para aquellas actividades en las que la participación del alumnado se lleve a cabo por escrito.

- Proyector digital y pizarra digital, para el visionado colectivo de vídeos, diapositivas, o cualquier otro material interactivo que pueda enriquecer el desarrollo de las sesiones.

- Conexión Wi-Fi.

- Smartphone o cualquier otro dispositivo electrónico que permita la interacción del alumnado con las metodologías activas y actividades que se propongan. En este sentido, se hará un previo sondeo en clase, en cumplimiento con la normativa dispuesta en el citado Anexo 19, para asegurar que, al menos uno de cada dos alumnos, disponga de este tipo de dispositivos, lo que no se prevé que resulte un problema dadas las características del alumnado. En caso de que no resultase viable, se solicitaría el uso de alguna de las aulas de informática.

Dado que, como ya se ha mencionado, se pretenden introducir, en consonancia con las metodologías tanto de mayor aceptación actual en la docencia como prioritarias en el propio centro, actividades basadas en el trabajo por proyectos, por lo que resulta imprescindible que se cuente con los recursos materiales necesarios para viabilizar la interacción continua tanto entre el docente y el alumnado como de estos últimos entre sí, fomentando así un aprendizaje más dinámico y motivacional.

Dado que algunas de las actividades que se propondrán para incentivar una actitud proactiva por parte del alumnado requerirán de conexión a Internet, es imprescindible contar con una conexión Wi-fi estable. Esto, además, contribuye a la adquisición de habilidades transversales como la capacidad para buscar y seleccionar información a través de los motores de búsqueda en Internet.

Por lo que respecta a los recursos humanos, las sesiones, esencialmente, se llevarán a cabo a través de la guía y colaboración del docente encargado del grupo, sin perjuicio del papel fundamental que juega el propio alumnado. Ha de tenerse en cuenta que se busca promover un modelo <<democrático>>, en el que, más allá de las prerrogativas que son propias del docente, se incentive la modelación de las metodologías teniendo en cuenta las aportaciones proporcionadas por el propio alumnado.

Esta intención va en consonancia con el pretendido alejamiento respecto de las clases magistrales convencionales, en las que se deja un menor margen de flexibilidad y es el docente el que marca el ritmo a lo largo de prácticamente toda la sesión. De este

modo, se pone en valor la participación del alumnado: las aportaciones, dudas o coloquios que puedan surgir entre ellos son fundamentales a lo largo de las distintas etapas que, en consonancia con la metodología aplicada, se distinguen en el aprendizaje a través de la Historia de la ciencia encuadrado en un modelo constructivista.

e. UNIDAD DIDÁCTICA

i. JUSTIFICACIÓN DE LA UNIDAD

A continuación, con ocasión de la exposición de los objetivos específicos para la asignatura de Física y Química en 3º de la ESO, tendremos ocasión de señalar cómo tanto la unidad didáctica que se ocupa de la energía y la electricidad como aquella a través de la que se dará a conocer la tabla periódica al alumnado encajan dentro del currículo que la legislación vigente prevé, dado que, a través de la innovadora metodología que hemos seleccionado, se pone en relación el contenido y desarrollo de las propias unidades didácticas tanto con los objetivos generales de la etapa como con los específicos del caso. No se reproducen en este punto dado que serán abordados con mayor detenimiento en los epígrafes subsiguientes, a los que nos remitimos.

ii. TEMPORALIZACIÓN

Las propuestas de unidades didácticas se llevarán a cabo siguiendo los cronogramas que a continuación se detallan:

NÚMERO DE SESIÓN	TAREAS
SESIÓN 1	<i>Brainstorming</i>
SESIÓN 2	Clase magistral
SESIÓN 3	Introducción de la propuesta HDC
SESIÓN 4	Clase participativa: búsqueda de información sobre la controversia

SESIÓN 5	Exposición de los trabajos asignados
SESIÓN 6	Repaso y examen

Tabla 1. Fuente: Elaboración propia

iii. OBJETIVOS GENERALES (DE LA ETAPA)

Actualmente, se encuentra en vigor la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE). Esta norma, de alcance estatal, venía a su vez a modificar determinados aspectos de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE). No obstante, los artículos a los que se haga referencia en el presente apartado se corresponderán, en todo caso, con el articulado de la LOE.

El art. 23 bis de dicha norma, que fue introducido con la reforma de la LOMCE, divide la Educación Secundaria en dos ciclos asimétricos: el primer ciclo abarca tres cursos escolares: desde primero hasta tercero de ESO, mientras que el segundo abarca únicamente el cuarto curso, al que se atribuye un carácter fundamentalmente propedéutico.

El currículo previsto a nivel estatal para la etapa del primer ciclo de la Educación Secundaria viene recogido en el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Concretamente, los objetivos generales correspondientes a Educación Secundaria se contemplan en el art. 11. A través de las unidades didácticas propuestas, se persigue contribuir al desarrollo de las capacidades relacionadas con los siguientes objetivos de entre los previstos en dicho precepto, asociados, cada uno de ellos, con determinadas competencias clave:

Objetivos	Competencias clave
1) Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos, ejercitarse en el diálogo afianzando los derechos humanos y la igualdad de trato y de oportunidades entre mujeres y hombres, como valores comunes de una sociedad	Competencia social y ciudadana. (CSC)

plural y prepararse para el ejercicio de la ciudadanía democrática.	
2) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.	Competencia para aprender a aprender. (CAA)Competencia de sentido de iniciativa y espíritu emprendedor. (SIE)
3) Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.	Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. (CMCT)
3) Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.	Competencia en comunicación lingüística. (CCL)Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología. (CMCT)Competencia digital(CD)
4) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.	Competencia de sentido de iniciativa y espíritu emprendedor. (SIEP)Competencia para aprender a aprender. (CAA)
5) Fortalecer sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás,	Competencia social y ciudadana. (CSC)

así como rechazarla violencia, los prejuicios de cualquier tipo, los comportamientos sexistas y resolver pacíficamente los conflictos.	
6) Valorar y respetar la diferencia de sexos y la igualdad de derechos y oportunidades entre ellos. Rechazar la discriminación de las personas por razón de sexo o por cualquier otra condición o circunstancia personal o social. Rechazar los estereotipos que supongan discriminación entre hombres y mujeres, así como cualquier manifestación de violencia contra la mujer.	Competencia social y ciudadana. (CSC)

Tabla 2. Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, han de tenerse también en cuenta los objetivos generales que agrega el Decreto 111/2016, de 14 de junio, por el que se establece la ordenación y el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Andalucía, concretamente, en su art. 3.2:

Objetivos	Competencias clave
1)) Conocer y apreciar las peculiaridades de la modalidad lingüística andaluza en todas sus variedades.	Competencia en comunicación lingüística. (CCL) Conciencia y expresiones culturales. (CEC)
2) Conocer y apreciar los elementos específicos de la cultura andaluza para que sea valorada y respetada como patrimonio propio y en el marco de la cultura española y universal.	Conciencia y expresiones culturales. (CEC)

Tabla 3. Fuente: Elaboración propia

iv. OBJETIVOS ESPECÍFICOS (DE FÍSICA Y QUÍMICA)

En primer lugar, hemos de atender al currículo previsto en la LOMCE para la asignatura de Física y Química en 3º de ESO.

Por otra parte, el currículo específico de la asignatura de Física y Química, por su parte, se rige por la orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de

Andalucía. La asignatura de Física y Química, tanto en el segundo como en el tercer curso de la ESO, tiene la consideración de materia troncal general. Los objetivos específicos podemos identificarlos atendiendo a los criterios de evaluación previstos para el Bloque 5, relativo a la Energía:

- Explicar el fenómeno físico de la corriente eléctrica e interpretar el significado de las magnitudes intensidad de corriente, diferencia de potencial y resistencia, así como las relaciones entre ellas.

- Valorar la importancia de los circuitos eléctricos y electrónicos en las instalaciones eléctricas e instrumentos de uso cotidiano, describir su función básica e identificar sus distintos componentes.

- Conocer la forma en que se genera la electricidad en los distintos tipos de centrales eléctricas, así como su transporte a los lugares de consumo.

En cuanto a la segunda de las unidades diseñadas, conviene subrayar los siguientes objetivos específicos:

- Reconocer que los modelos atómicos son instrumentos interpretativos de las distintas teorías y la necesidad de su utilización para la comprensión de la estructura interna de la materia.

- Interpretar la ordenación de los elementos en la Tabla Periódica y reconocer los más relevantes a partir de sus símbolos.

- Diferenciar entre átomos y moléculas, y entre elementos y compuestos en sustancias de uso frecuente y conocido.

v. ACTIVIDADES

Con carácter previo a la exposición detallada del contenido de cada una de las sesiones, exponemos un breve resumen del contenido de cada una de ellas con el fin de dar cuenta de la estructura a través de la que se guiarán las citadas unidades didácticas:

Unidad 1:

Sesión	Descripción
Sesión 1	Durante la primera sesión se desarrollará una actividad de <i>Brainstorming</i> , con el fin de conocer el punto de partida de los conocimientos del alumnado, colacionando conceptos claves que se contextualizarán posteriormente de acuerdo al contenido de la unidad.
Sesión 2	La segunda sesión será de clase magistral. Se abordarán los conceptos básicos relacionados con el tema, dando continuidad a las conclusiones alcanzadas durante la sesión 1, de carácter participativo. Se explicarán conceptos teóricos fundamentales.
Sesión 3	Se impulsará la participación por parte del alumnado, proponiéndoles que busquen información sobre cada uno de los autores que protagonizan la controversia, para, posteriormente, analizar sus diferentes posturas atendiendo a los conceptos de los que se ocupa la unidad.
Sesión 4	De nuevo, tratando de incentivar la participación por parte del alumnado, se propondrá que lleven a cabo, organizándose en grupos, una recopilación de información acerca de aquellas tareas desarrolladas en el día a día que serían imposibles de realizar, o al menos mucho más difícil, sin energía eléctrica.

Sesión 5	Los alumnos llevarán a cabo, por grupos, la exposición de los trabajos asignados durante la sesión anterior.
Sesión 6	Durante la sexta y última sesión se hará un repaso participativo de los conceptos estudiados y se procederá a la realización del examen escrito.

Tabla 4. Fuente: Elaboración propia

Unidad 2:

Sesión	Descripción
Sesión 1	Durante la primera sesión se desarrollará una actividad de <i>Brainstorming</i> , con el fin de conocer el punto de partida de los conocimientos del alumnado, colacionando conceptos claves que se contextualizarán posteriormente de acuerdo al contenido de la unidad.
Sesión 2	La segunda sesión se destinará a la exposición de conocimientos teóricos. Se explicarán los conceptos básicos relacionados con el tema, dando continuidad a las conclusiones alcanzadas durante la sesión 1, de carácter participativo. Se abordarán conceptos teóricos fundamentales.
Sesión 3	En la tercera sesión introduciremos la propuesta basada en el recurso de Historia de la ciencia elegido para tratar el tema de la historia del átomo y la tabla periódica.
Sesión 4	En esta sesión se impulsará la participación por parte del alumnado, proponiéndoles que busquen información sobre los científicos que han

	realizado aportaciones más relevantes a la conformación de la actual tabla periódica, para, posteriormente, analizar sus diferentes posturas atendiendo a los conceptos de los que se ocupa la unidad. Asignación de trabajos por grupos.
Sesión 5	Los alumnos llevarán a cabo, por grupos, la exposición de los trabajos asignados durante la sesión anterior.
Sesión 6	Durante la sexta y última sesión se hará un repaso participativo de los conceptos estudiados y se procederá a la realización del examen escrito.

Tabla 5.Fuente: Elaboración propia

A continuación, abordamos detalladamente el contenido de cada una de las doce sesiones a lo largo de las que se estructurarán y desarrollarán las dos unidades didácticas propuestas:

Unidad didáctica 1: La energía eléctrica.

SESIÓN 1: CONECTANDO CON LA ENERGÍA ELÉCTRICA	
Descripción	La primera sesión se destinará al acercamiento al alumnado de conceptos básicos, con el fin de examinar su grado de conocimiento acerca del tema. La energía en términos generales es un tema que se aborda en otras asignaturas y cursos inferiores, con lo que existe un punto de partida para el docente.
Objetivos	- Tomar conciencia de las propias ideas previas que se poseen sobre la energía eléctrica. - Incentivar el interés del alumno por los conceptos que ocuparán las subsiguientes sesiones.
Duración	50', la sesión completa.
Desarrollo	Tras anunciar el profesor cuál será el tema que se tratará en las siguientes clases, lanzará,

	progresivamente y apoyándose en las respuestas que el alumnado vaya emitiendo, algunas cuestiones encaminadas a evaluar de manera previa el conocimiento de los alumnos acerca de la energía eléctrica. Los últimos minutos de la sesión se reservarán al visionado del vídeo “electricidad, conceptos básicos para 3º de la ESO”, en el que se durante algo menos de diez minutos se repasan conceptos fundamentales de una forma amena.
Recursos	- El cañón proyector, con el fin de completar la explicación mediante el vídeo. - Vídeo “Electricidad, conceptos básicos para 3º de ESO”, disponible en el siguiente enlace: https://www.youtube.com/watch?v=2dm5lr1BvfQ

Tabla 6. Fuente: Elaboración propia

SESIÓN 2: RENOVABLES Y NO RENOVABLES	
Descripción	En la segunda sesión se expondrán los conocimientos teóricos propios de la unidad, siempre desde un enfoque constructivista y dando espacio a la intervención del alumnado, ya sea para la resolución de dudas surgidas sobre la marcha como para valorar sus propias aportaciones, dado que la evaluación continua se extiende a lo largo de toda la unidad.
Objetivos	- Conocer nociones básicas relativas a la energía eléctrica y los tipos de energía, con el fin de conocer las principales renovables, no renovables, y las características de cada una de ellas.

	- Relacionar los distintos tipos de energía, su forma de producción y sus implicaciones ambientales.
Duración	50', la sesión completa.
Desarrollo	Será la sesión con una mayor intervención del docente con el fin de afianzar los contenidos que servirán como base a las sesiones subsiguientes. Se utilizará el cañón proyector para apoyar la explicación con diversas diapositivas, interpellando frecuentemente a los alumnos para mantener la atención, conectando con el diagnóstico inicial y continuando con la evaluación continua de esta forma.
Recursos	- El cañón proyector. - Presentación con diapositivas que sirvan para apoyar la explicación.

Tabla 7. Fuente: Elaboración propia

SESIÓN 3: TESLA VS EDISON	
Descripción	En la tercera sesión se introducirá el recurso de la Historia de la ciencia como tal para conocer cómo ha evolucionado la producción de energía eléctrica y quiénes han sido algunos de los nombres más importantes en su Historia, con ocasión del caso de Tesla vs Edison.
Objetivos	- Conocer la historia de dos de los científicos más relevantes relacionados con la energía eléctrica. - Entender la importancia de los avances logrados a la hora de transportar grandes cantidades de energía a largas distancias, empleando bajas intensidades de corriente y altos voltajes.

	- Imaginar cómo era el día a día antes de que se realizaran estos descubrimientos, valorando el progreso que supusieron.
Duración	50', la sesión completa.
Desarrollo	La clase comenzará con un breve debate participativo en el que se trate de hacer un ejercicio de reflexión histórica e imaginar cómo se producía y transportaba la energía antes de que se hiciera tal y como lo conocemos hoy en día, para que ello contribuya a valorar la trascendencia de las aportaciones tanto de Edison como de Tesla, sirviendo de pretexto para introducir a los autores.
Recursos	- Cañón proyector. - Presentación en diapositivas. Vídeo “Tesla vs Edison – Grandes peleas de la ciencia”, disponible en el siguiente enlace: https://www.youtube.com/watch?v=vdSUSP3uUXY

Tabla 8. Fuente: Elaboración propia

SESIÓN 4: LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN CASA	
Descripción	Siguiendo las directrices del modelo constructivista que rige la metodología elegida, la finalidad es la de alcanzar un aprendizaje significativo por parte del alumnado, rehuendo de explicaciones meramente teóricas, y centrándonos en la importancia de la electricidad, tanto en la sociedad en su conjunto como en el día a día de todas las personas.
Objetivos	- Conocer la implicación y relevancia que tiene la energía eléctrica en el desarrollo de tareas cotidianas, tanto domésticas, como en el ámbito profesional y en la industria.

	- Aprender a trabajar cooperando con el resto de compañeros. - Desarrollar la capacidad de buscar y seleccionar información valiéndose de las TIC.
Duración	50', la sesión completa.
Desarrollo	Tras una breve descripción de la materia objeto de estudio, y la organización de la clase por grupos, se propondrá al alumnado que comience la búsqueda de información, supervisando el docente dicha tarea, para que, una vez acabada la sesión, hayan recopilado el material necesario para preparar la exposición que realizarán ante sus compañeros en la siguiente sesión.
Recursos	-Cañón proyector. - Dispositivos electrónicos. Como se señaló en el apartado correspondiente a los recursos, el profesor verificará la posibilidad de disponer de al menos un dispositivo electrónico por cada pareja de alumnos. En caso de no ser posible, se reservará con antelación una de las dos aulas de informática de las que dispone el centro.

Tabla 9. Fuente: Elaboración propia

SESIÓN 5. EXPOSICIONES	
Descripción	En esta penúltima sesión, los alumnos, de acuerdo con la división en grupos organizada en la anterior sesión y los trabajos asignados, habrán de exponer ante el resto de la clase el resultado de sus investigaciones, para lo que podrán

	valerse de presentaciones en PowerPoint o cualquier otro medio reproducible en el aula. Después de cada exposición, se reservarán algunos minutos para que tanto el docente como el resto del alumnado puedan formular preguntas o comentarios al grupo que haya llevado a cabo la presentación.
Objetivos	- Desarrollar la capacidad para hablar en público. - Mejorar las habilidades de trabajo en grupo. - Potenciar la capacidad de buscar y seleccionar información valiéndose de las TIC. - Valorar la importancia de la energía eléctrica y sus diferentes tipos en nuestro día a día a través de la exploración autónoma de casos concretos.
Duración	50', la sesión completa.
Desarrollo	Tras un breve repaso a la sesión anterior, el docente irá dando paso a los distintos grupos para que lleven a cabo su exposición. La intención es que dichos grupos sean de un máximo de cuatro miembros, de modo que se garantice un mínimo tiempo de intervención a cada uno de sus integrantes. Posteriormente, al margen de las preguntas que puedan formular sus compañeros, el docente hará al menos un par de preguntas breves a cada uno de los grupos con el fin de comprobar que han comprendido las implicaciones del contenido expuesto,

	sumando así nuevos datos para la evaluación continua. De este trabajo por proyectos se extraerán dos calificaciones: una de nivel grupal, en relación a la calidad del trabajo, y otra de carácter individual, valorando la exposición oral de cada uno de los miembros.
Recursos	- El cañón proyector, dado que se propondrá al alumnado que complementen su exposición con una presentación de diapositivas en PowerPoint.

Tabla 10. Fuente: Elaboración propia

SESIÓN 6: REPASO Y EXAMEN FINAL	
Descripción	Será la última sesión de la unidad didáctica. La primera parte de la misma se destinará al repaso de los conceptos que se han venido trabajando a lo largo de las anteriores sesiones, de forma especialmente participativa, ya que no se trata de que el profesor reproduzca de nuevo y en una versión más abreviada la clase magistral, sino de corregir los fallos conceptuales que puedan tener los alumnos. Posteriormente, se procederá a la realización del examen, compuesto por un examen escrito con preguntas breves y de contenido práctico que habrán de contestarse individualmente.

Tabla 11. Fuente: Elaboración propia

Unidad didáctica 2: Historia de la tabla periódica

SESIÓN 1: ¿QUÉ ES ESO DE LA TABLA PERIÓDICA?	
Descripción	Como primera toma de contacto, se introducirán algunos conceptos básicos relativos al sistema periódico, buscando el <i>brainstorming</i> y la actitud colaborativa, con el fin de que sea el propio alumnado el que, siempre guiado por el profesor, marque el ritmo de la clase en esta primera sesión.
Objetivos	- Comprobar los conocimientos que se poseen acerca de las nociones básicas en torno a la tabla periódica: cuál es su utilidad, cómo se estructura y qué elementos contiene, para ajustar el ritmo de las sesiones siguientes. - Interesarse por los conceptos que ocuparán las subsiguientes sesiones.
Duración	50', la sesión completa.
Desarrollo	Tras anunciar el profesor cuál será el tema que se tratará en las siguientes clases, lanzará, progresivamente y apoyándose en las respuestas que el alumnado vaya emitiendo, algunas cuestiones encaminadas a evaluar de manera previa el conocimiento de los alumnos acerca de los elementos de la tabla periódica y de esta misma. Los últimos minutos de la sesión se reservarán al visionado del vídeo "El mundo de los elementos químicos", en el que se describe la importancia de algunos elementos químicos tanto en la vida cotidiana como en la industria.

Recursos	- El cañón proyector, con el fin de tener delante todo el tiempo la tabla periódica y reproducir el vídeo. - Vídeo “El mundo de los elementos químicos”, disponible en el siguiente enlace: https://www.youtube.com/watch?v=S4-LtfX57E4
-----------------	---

Tabla 12. Fuente: Elaboración propia

SESIÓN 2: INTRODUCCIÓN AL SISTEMA PERIÓDICO	
Descripción	En la segunda sesión se proporcionarán conocimientos teóricos, siempre desde un enfoque constructivista y dando espacio a la intervención del alumnado, ya sea para la resolución de dudas surgidas sobre la marcha como para valorar sus propias aportaciones, dado que la evaluación continua se extiende a lo largo de toda la unidad.
Objetivos	- Adquirir nociones básicas en cuanto a la conformación de la tabla periódica y la lógica que sigue su diseño. - Tener una primera toma de contacto con los elementos de la tabla periódica y con sus utilidades en el día a día.
Duración	50', la sesión completa.
Desarrollo	Será la sesión con una mayor intervención del docente con el fin de afianzar los contenidos que servirán como base a las sesiones subsiguientes. Se utilizará el cañón proyector para apoyar la explicación con diversas

	diapositivas, interpellando frecuentemente a los alumnos para mantener la atención, conectando con el diagnóstico inicial y continuando con la evaluación continua de esta forma.
Recursos	- El cañón proyector. - Presentación con diapositivas que sirvan para apoyar la explicación.

Tabla 13. Fuente: Elaboración propia

SESIÓN 3: LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA PERIÓDICO A TRAVÉS DE LA HISTORIA	
Descripción	En la tercera sesión se introducirá el recurso de la Historia de la ciencia como tal para la explicación de la clasificación de los elementos químicos, con el fin de potenciar el grado de motivación y de interés del alumnado. El guion de la clase consistirá en exponer los principales progresos y dificultades que la comunidad científica fue consiguiendo y superando a lo largo de la historia hasta la conformación de la actual tabla periódica comprendiendo los motivos que explican tal evolución.
Objetivos	- Comprender la disposición de los distintos elementos químicos en la tabla periódica, introduciendo los conceptos de periodos y grupos. - Relacionar de forma lógica la ordenación de los elementos con los distintos avances y aportes que la comunidad científica ha ido efectuando a lo largo de la Historia, adquiriendo una visión global de dicha evolución. - Conocer a los científicos más relevantes en estas disciplinas y el porqué de su trascendencia a la luz de a sus aportaciones.
Duración	50', la sesión completa.

Desarrollo	Mediante una sucesión de diapositivas previamente preparadas por el docente, se expondrá la evolución de la tabla periódica, tanto en lo referente a su contenido como a aquellos científicos más destacados que han influido en su evolución. Así, se contextualizará la utilidad que la misma ha tenido en diversas etapas de la Historia y justificando, con referencias continuas a las características de la sociedad en cada uno de esos momentos históricos. El último tramo de la clase se reservará para el visionado del vídeo “Historia de la tabla periódica”. Antes del final de la sesión, se facilitará a los alumnos un artículo que habrán de leer y servirá como base a la siguiente sesión.
Recursos	- Cañón proyector. - Presentación en diapositivas. - Vídeo “Historia de la tabla periódica: https://www.youtube.com/watch?v=VebwvduDEo - Artículo Val, O. (2015). Historia de la evolución de la tabla periódica de los elementos químicos: un ejemplo más de la aplicación del método científico. <i>Anales de Química</i> 111(2), 109-117.

Tabla 14. Fuente: Elaboración propia

SESIÓN 4: LA TABLA PERIÓDICA EN EL DÍA A DÍA	
Descripción	Siguiendo las directrices del modelo constructivista que rige la metodología elegida, la finalidad es la de alcanzar un aprendizaje significativo por parte del alumnado, evitando que la comprensión de la tabla periódica se reduzca a un mero ejercicio memorístico de su contenido. Con este fin, la sesión se basará en el establecimiento de relaciones entre los elementos de aquella y sus implicaciones

	en el día a día, tanto en la vida diaria de las personas como en el ámbito de la industria.
Objetivos	- Conocer la implicación y relevancia que diversos elementos químicos mantienen con actividades cotidianas en el contexto de la sociedad contemporánea. - Fomentar el trabajo cooperativo. - Potenciar la capacidad de buscar y seleccionar información valiéndose de las TIC.
Duración	50', la sesión completa.
Desarrollo	En primer lugar, se destinarán unos minutos a refrescar conceptos expuestos en la sesión 2, tales como “elemento”, “sustancia simple” o “compuesto químico”. En esta sesión, nuevamente, se recurrirá a la Historia de la ciencia para conectar la evolución de la tabla periódica que se ha tratado en sesiones anteriores con su incidencia en el día a día, especialmente en lo referente a cómo han ido sustituyéndose diversos materiales por otros, tanto a nivel cotidiano como industrial, tratando de indagar en las cuestiones que han llevado a esos cambios y la influencia que en ellos ha tenido la sucesión de descubrimientos que han ido modelando el conocimiento científico hasta la actualidad, lo que se llevará a cabo de forma participativa, instando al alumnado a que busque información continuamente en sus dispositivos electrónicos acerca del material y producto del que se hable en

	cada momento. Antes del término de la clase, se dividirá el aula en grupos de unos 4 alumnos, encomendándose a cada uno de ellos la tarea de buscar información acerca del material y producto asignado, así como, complementariamente, su contexto histórico y los científicos más relevantes implicados. Los trabajos serán expuestos en la sesión siguiente.
Recursos	-Cañón proyector. - Dispositivos electrónicos. Como se señaló en el apartado correspondiente a los recursos, el profesor verificará la posibilidad de disponer de al menos un dispositivo electrónico por cada pareja de alumnos. En caso de no ser posible, se reservará con antelación una de las dos aulas de informática de las que dispone el centro. https://www.youtube.com/watch?v=S4-LtfX57E4

Tabla 15. Fuente: Elaboración propia

SESIÓN 5. EXPOSICIONES	
Descripción	En esta penúltima sesión, los alumnos, de acuerdo con la división en grupos organizada en la anterior sesión y los trabajos asignados, habrán de exponer ante el resto de la clase el resultado de sus investigaciones, para lo que podrán valerse de presentaciones en PowerPoint o cualquier otro medio reproducible en el aula. Después de cada exposición, se reservarán algunos minutos para que tanto el docente como el resto del alumnado puedan formular preguntas o

	comentarios al grupo que haya llevado a cabo la presentación.
Objetivos	- Potenciar la capacidad para hablar en público. - Fomentar el trabajo cooperativo. - Potenciar la capacidad de buscar y seleccionar información valiéndose de las TIC. - Perseverar en la importancia de determinados elementos químicos en nuestro día a día a través de la exploración autónoma de casos concretos.
Duración	50', la sesión completa.
Desarrollo	Tras un breve repaso a la sesión anterior, el docente irá dando paso a los distintos grupos para que lleven a cabo su exposición. La intención es que dichos grupos sean de un máximo de cuatro miembros, de modo que se garantice un mínimo tiempo de intervención a cada uno de sus integrantes. Posteriormente, al margen de las preguntas que puedan formular sus compañeros, el docente hará al menos un par de preguntas breves a cada uno de los grupos con el fin de comprobar que han comprendido las implicaciones del contenido expuesto, sumando así nuevos datos para la evaluación continua. De este trabajo por proyectos se extraerán dos calificaciones: una de nivel grupal, en relación a la calidad del trabajo, y otra de carácter

	individual, valorando la exposición oral de cada uno de los miembros.
Recursos	- El cañón proyector, dado que se propondrá al alumnado que complementen su exposición con una presentación de diapositivas en PowerPoint.

Tabla 16. Fuente: Elaboración propia

SESIÓN 6: REPASO Y EXAMEN FINAL	
Descripción	Será la última sesión de la unidad didáctica. La primera parte de la misma se destinará al repaso de los conceptos que se han venido trabajando a lo largo de las anteriores sesiones, de forma especialmente participativa, ya que no se trata de que el profesor reproduzca de nuevo y en una versión más abreviada la clase magistral, sino de corregir los fallos conceptuales que puedan tener los alumnos. Posteriormente, se procederá a la realización del examen, compuesto por un examen escrito con preguntas breves y de contenido práctico que habrán de contestarse individualmente.
Objetivos	- Afianzar los conceptos objeto de estudio a lo largo de la unidad didáctica. - Autoevaluar el aprendizaje significativo que se ha alcanzado a nivel individual y tener un último instrumento de evaluación general.
Duración	15' de repaso y 35' de examen.
Desarrollo	Se llevará a cabo un repaso participativo de los conceptos estudiados a lo largo de la unidad, durante el cual el docente

	recapitulará tanto los conceptos teóricos como las implicaciones prácticas más significativas.
Recursos	-Fotocopias del examen. - Bolígrafos.

Tabla 17.Fuente: Elaboración propia

vi. EVALUACIÓN

Por lo que respecta a la evaluación, idéntica en el caso de ambas unidades didácticas, distinguiremos tres momentos: una primera fase o momento (evaluación inicial), que sirve para determinar si los alumnos y alumnas tienen ciertas capacidades, una evaluación formativa o procesual, que aporta información sobre el ritmo de aprendizaje y, por último, una evaluación sumativa o final que se consagrará mediante la realización del correspondiente examen y, en su caso, la cumplimentación de la rúbrica. En el siguiente cuadro, se refleja con mayor claridad el objetivo de cada una de estas evaluaciones distinguidas por fases:

Tipo de evaluación	Características	Desarrollo
Evaluación inicial	Consiste en determinar si los estudiantes han adquirido los conocimientos, habilidades y actitudes para iniciar el estudio de la propuesta. Conocer “el punto de partida”.	Actividad de brainstorming
Evaluación formativa o procesual	Informa al profesor y al estudiante sobre el ritmo y la forma en que se alcanzan los objetivos. Interacción entre docente y alumnado, continuada.	Se lleva a cabo durante el desarrollo de las sesiones 1-5, mediante técnica observacional + desarrollo de rúbrica.
Evaluación sumativa o final	Valora las conductas finales que se observan en el estudiante, certificando	Examen final (sesión 6)

	el alcance de los objetivos propuestos.	
--	---	--

Tabla 18. Fuente: Elaboración propia a partir de (Teixidó, 2009)

Las tres fases tenderán, no obstante, al desarrollo de una evaluación continua basada en las actividades de enseñanza-aprendizaje, que se concreta sobre todo a través de la fase de evaluación formativa o procesual, que tenderá a evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje en base a las distintas actividades que se desarrollan. Tal y como definía Castelló (2008), los principales aspectos que se han de tener en cuenta en la toma de decisiones de la evaluación continuada son los siguientes:

- Ha de permitir la detección de disfunciones en la planificación, permitiendo corregirlas a lo largo del transcurso de las actividades.

- Permite la participación del estudiante durante todo el proceso.

- Permite aproximar los conceptos de “calificación” y “aprendizaje”, aunque no estén completamente relacionadas.

- Introduce modificaciones en las actividades de enseñanza-aprendizaje que permiten obtener información que responda a los objetivos y a los criterios de evaluación.

- Permite planificar de forma minuciosa mediante la elección de actividades adecuadas que se evalúan en el momento idóneo.

- Se puede realizar mediante cualquier soporte físico o, preferiblemente, digital.

- Ofrece una valoración de resultados que tiene en cuenta tanto el trabajo fuera como dentro del aula.

En cuanto a los criterios que se emplearán para llevar a cabo la evaluación, son los siguientes:

Criterios de evaluación comunes a ambas unidades:

- 1) Reconocer e identificar las características esenciales que distinguen el método científico.

- 2) Poner en valor la importancia de la investigación científica, y su atribución al desarrollo de la sociedad a lo largo de las diversas etapas de la historia.

- 3) Valorar el grado de alcance de los objetivos propuestos por parte de los alumnos a nivel individual, en base a sus respuestas en la prueba escritas, así como las intervenciones en las exposiciones y de forma individual a lo largo de las sesiones.

3) Trabajar la capacidad para el trabajo en grupo.

4) Desarrollar capacidad crítica para analizar la información sobre materias científicas que aparezca en los medios de comunicación y otros canales comunicativos generalistas.

5) Llevar a cabo trabajos de investigación breves en los que se valore tanto el dominio del método científico como el uso de las TIC.

6) Utilizar correctamente el lenguaje científico a la hora de transmitir y solicitar información

Criterios de evaluación específicos de la Unidad 1:

6) Comprender el funcionamiento de la distribución de la electricidad, atendiendo a las propiedades básicas de la misma.

7) Distinguir entre las características particulares de la corriente alterna y la corriente continua.

8) Diferenciar los materiales conductores y aislantes de la electricidad, clasificando materiales en conductores y aislantes.

9) Clasificar los generadores eléctricos según el tipo de energía que transforman en energía eléctrica.

Criterios de evaluación específicos de la Unidad 2:

10) Adquirir una idea global de la evolución de la tabla periódica.

11) Asimilar que no se trata de una verdad irrefutable ni conclusa, sino que los avances científicos y el descubrimiento de nuevos elementos químicos implican el replanteamiento constante de esta.

12) Valorar la importancia de la clasificación de los elementos en la Tabla Periódica.

14) Distinguir tipos de enlace y su posición en la tabla periódica.

Criterios de calificación

Atendiendo a los criterios señalados, la nota final que a nivel individual reciba cada alumno se calculará atendiendo a los siguientes porcentajes:

50%: examen escrito en la última sesión de cada una de las unidades.

30%: valoración de los trabajos grupales realizados.

20%: participación en clase y asistencia.

4. CONCLUSIONES

Como se viene sosteniendo a lo largo del trabajo, optar por la Historia de la ciencia como recurso didáctico, dotando así de un enfoque histórico a los contenidos que se presentan al alumnado, configurándose como una metodología coherente con un modelo constructivista del proceso enseñanza-aprendizaje, favoreciendo su razonamiento crítico, al fomentar la formulación de preguntas tales como *¿qué conocemos?* o *¿por qué lo conocemos?*

Así, en las dos unidades didácticas proyectadas, se han escogido dos temas, como son el de la energía eléctrica y el de la conformación de la tabla periódica, que, si bien son fundamentales en el marco del conocimiento científico, a menudo, se han estudiado de forma aislada, sin dar a conocer al alumnado los nombres y los procesos históricos que se produjeron hasta la completa aceptación y consolidación de estos conocimientos.

Por tanto, emplear este recurso aporta un plus de enriquecimiento al alumnado de 3º de la ESO respecto a lo que aportan las metodologías tradicionales. Por otra parte, se ha procurado no ignorar la importancia de dotar a las distintas actividades de un elemento dinámico, reduciendo a lo necesario las clases magistrales en las que se produce una comunicación unidireccional y fomentando metodologías más activas centradas en el estudiante y la participación en clase.

De este modo, consideramos que se proporciona lo que podría denominarse una <<formación integral>> al alumnado, que combine el asentamiento de conocimientos básicos exigidos por el currículo de la asignatura con otros objetivos transversales de la etapa académica en la que se encuentran, impulsando tanto el trabajo en grupo, adoptando para ello elementos propios del aprendizaje por proyectos, con el desarrollo individual y autónomo de cada uno de los alumnos de la clase.

Se ha tenido en cuenta que, para la adquisición de un pensamiento crítico y de un aprendizaje propio es necesario adaptar la hoja de ruta al punto de partida del alumnado, es decir, a las ideas previas que estos tenían acerca de los contenidos objeto de estudio. Con ello, se pretende incidir también en la existencia de determinados conceptos preconcebidos que no se corresponden con la realidad.

En este sentido, el hecho de basar las unidades didácticas en la Historia de la ciencia, permite que el alumnado obtenga respuestas más claras a por qué estos

conocimientos previos pueden resultar erróneos, sin que, por ello, haya que poner en tela de juicio o despreciar la importante labor social que desempeña la divulgación científica.

Es obvio que, si fijamos objetivos ambiciosos, la programación ha de ir más allá de la pura alfabetización científica, en la medida en que, además, en nuestra opinión, el pensamiento científico, sin menospreciar otras áreas de conocimiento, se halla íntimamente ligado al pensamiento crítico, una competencia a todas luces transversal para el desarrollo personal y social del alumnado, existiendo propuestas interesantes y a tomar en consideración, como la elaborada por (Cobo *et al.*, 2019).

Por ello, no podemos reducir, como podría ocurrir desde una epistemología positiva, los factores del pensamiento científico a la deducción lógica y matemática. Se debe tratar de contribuir a que, a partir de los elementos de juicio –conocimientos- que inicialmente se proporcionen, sean capaces de anticiparse a las observaciones del propio docente, lo que, en cierto modo, implica la toma en consideración de elementos propios del modelo paso a paso.

No ha sido tampoco menor la importancia otorgada a las TIC, conscientes de que se tornan como un elemento transversal de suma importancia en los procesos de aprendizaje a día de hoy, si bien se ha de tener en cuenta que a menudo las nuevas tecnologías pueden tornarse como un alma de doble filo, tanto por la presencia en Internet de contenidos que no cuentan con el rigor deseado, como por el riesgo de que dispersen la atención del alumnado.

Son muchas y muy interesantes las posibilidades que brindan las TIC, más allá del visionado de vídeos o los motores de búsqueda de información para tareas investigativas. En el ámbito concreto de las ciencias, tecnologías como las de los laboratorios virtuales permiten conocer de primera mano la simulación de experimentos que, en ocasiones, por limitaciones materiales, no pueden conocerse de primera mano y del mismo modo en el ámbito analógico.

Estas, además, aportan otras prestaciones de gran interés en materia de innovación educativa en el ámbito de las ciencias, y que pueden incentivar y potenciar el interés del alumnado, tanto hacia las ciencias como tales como hacia la investigación científica, auxiliando a la hora de fomentar el trabajo participativo del alumnado, el compartir conocimientos a través de foros y el adquirir un contexto y bases más sólidos a través de aplicaciones que permiten indagar sobre cuestiones que, frecuentemente, por razones de tiempo y espacio, se escapan a las posibilidades del espacio convencional del aula.

No queremos cerrar el apartado referente a las conclusiones sin aludir a la atención a la diversidad en el aula y en el marco de esta propuesta educativa. Somos conscientes de que el planteamiento de actividades participativas y que implican, como es el caso, la utilización de recursos de distinta naturaleza pueden constituir un reto especialmente dificultoso para aquel alumnado que presenta motivaciones, intereses o capacidades diversas y diferenciadas del “grupo general”.

Ninguna propuesta docente resultaría digna de aplauso si no tuviera en consideración los distintos ritmos de aprendizaje en el aula. En este sentido, consideramos que, por cuestiones logísticas, el hecho de que se fomente el trabajo autónomo y que se reserven para el mismo, espacios de tiempo durante las sesiones de clase puede servir al docente para prestar, de forma individualizada, especial atención a aquel sector del alumnado que plantee mayores dificultades para llevar a cabo las actividades propuestas.

No obstante, consideramos que los materiales seleccionados para el uso de la Historia de la ciencia como recurso revisten un carácter accesible, en la medida en que su contenido versa sobre cuestiones hiladas entre sí y sirve como soporte para un aprendizaje en el que se estimulen las habilidades intuitivas del alumnado.

En relación a lo anterior, convendrá que, sin perjuicio del margen de libre disposición que se otorgue al alumnado, el docente vele por la heterogeneidad en la composición de los grupos, pues, de este modo, además de fomentarse el trabajo cooperativo, gracias a la autonomía que adquiere el alumnado, se deja un mayor margen de maniobra al propio docente para que pueda atender a aquellos alumnos que requieran una mayor atención.

A nivel personal, la preparación de este proyecto de intervención educativa ha sido útil para replantearme cuestiones básicas y fundamentales en mi futura carrera como docente, tales como la importancia de no partir de un programa rígido, sino que ha de ser el alumnado el que protagonice en todo momento el proceso de enseñanza-aprendizaje, y, por tanto, el mismo ha de adaptarse a las características y necesidades que presente el grupo.

BIBLIOGRAFÍA:

- Acevedo, J. (2010). Formación del profesorado de ciencias y enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7 (3), 656-660. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/920/92017191005.pdf>
- Acevedo, J. Carmona, A. (2016). Una controversia de la Historia de la Tecnología para aprender sobre Naturaleza de la Tecnología: Tesla vs. Edison – La guerra de las corrientes. *Enseñanza de las Ciencias*, 34 (1), 193-209.
- Acevedo, J. (2017). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Revista de Educación Química*, 28 (3), 140-146. Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0187893X16300830>
- Alfono, C. (2004). Familiarización de los estudiantes con la actividad científica investigadora: Método dinámico para caracterizar el movimiento de traslación de un cuerpo. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 3(1), 1-13.
- Banet, E. (2010). Finalidades de la educación científica en educación secundaria: aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores. *Enseñanza de las Ciencias* 28(2), 199-214.
- Benitez, A. (2012). Orientaciones para la evaluación del alumnado en la Educación Secundaria Obligatoria. Consejería de Educación de la Junta de Andalucía. Recuperado de: <https://www.edudactica.es/normas/instruc/Orienta%20Eval%20Sec.pdf>
- Campanario, J. (1998). Ventajas e inconvenientes de la Historia de la Ciencia como recurso en la enseñanza de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, 11 (1). Recuperado de: https://www.fceia.unr.edu.ar/revistaapfa/ARTICULOS_REVISTA/VOL111/HISTORIA.pdf
- Castelló, A. (2008). Evaluación del aprendizaje. Documento electrónico de la Universidad de Girona.
- Castro, E., Gómez, P., Llavona, L. (2012). La historia de la ciencia como recurso didáctico en Física y Química desde un punto de vista constructivista. *Tiempo y sociedad* (8), 68-88.

- Cobo, C., Abril, A.M., Romero, M. (2019). Propuesta didáctica en la formación de profesorado para trabajar naturaleza de la ciencia y pensamiento crítico. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 3(1), 15-28.
- Colegio Pedro Poveda (2019). Historia del Centro. *Página web del Colegio Pedro Poveda de Jaén*. Recuperado de: <http://colegiopedropoveda.org/blog/historia-del-centro/>
- Coloma, C. R., Tafur, R. M. (1999). El constructivismo y sus implicancias en educación. *Educación* 8(16), 217-244.
- Cent (2002). Informe sobre Centros Educativos: Organización y funcionamiento. Junta de Andalucía. Recuperado de: https://www.juntadeandalucia.es/educacion/vscripts/w_cea/pdfs/Inf/00-02_3.pdf
- Eurydice (2011). *Science education in Europe: National policies, practices and research*. Bruselas: Agencia Ejecutiva en el ámbito educativo, audiovisual y cultural.
- García, M. (2019). Mendeléyev y la tabla periódica. *Revista Historia y Vida*, núm. 547. Disponible en: https://www.lavanguardia.com/historiayvida/la-vida-de-dmitri-mendeleyev_12888_102.html
- Garritz, A. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *OEI Revista Iberoamericana de Educación* (42), 127-152.
- Gil, D. (1994). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación en la Escuela* (23), 17-32.
- Gilbert, K. J., Watts, M. D. (1983). Conceptions, misconceptions and alternative conceptions: Changing
- Institución Teresiana (2018). ¿Qué es la Institución Teresiana?. *Web Internacional de la Institución Teresiana*. Recuperada de: <https://mail.institucionteresiana.org/es/la-institucion-teresiana/>
- Iparraguirre, L. M. (2007). Una propuesta de utilización de la Historia de la Ciencia en la enseñanza en un tema de Física. *Enseñanza de las Ciencias* 25(3), 423-434.
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. «BOE» núm. 106, de 4 de mayo de 2006
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. «BOE» núm. 295, de 10 de diciembre de 2013

- López, V. Couso, D. Simarro, C., Garrido, A., Grimalt, C., Hernández, M. I., Pintó, R. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *X Congreso Internacional sobre Investigación Didáctica en las Ciencias*. Disponible en el siguiente enlace: https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/17._el_papel_de_las_tic_en_la_ensenanza_de_las_ciencias_en_secundaria.pdf
- Ministerio de Ciencia (2018). Ciencia con y para la Sociedad. *Portal español del Programa Marco de Investigación e Innovación de la Unión Europea*. Recuperado de: <https://eshorizonte2020.es/mas-europa/ciencia-con-y-para-la-sociedad>
- Nielsen, H. (1990). History and philosophy of Science in Physics education. *International Journal of Science Education*, 12, 308-316. Recuperado de: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0950069900120310>
- Orden de 14 de julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad Autónoma de Andalucía, se regulan determinados aspectos de la atención a la diversidad y se establece la ordenación de la evaluación del proceso de aprendizaje del alumnado. BOJA núm. 144, de 28 de julio de 2016.
- Otero, J. (1990). Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, pp. 447-460. Recuperado de: <https://psycnet.apa.org/record/1990-29514-001>
- Peset, J. (2009). Ensayo-Reseña: casi cien años de historia de la ciencia (o de las ciencias). *Asclepio: Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, 2, 249-260. Recuperado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/19666/3/288.pdf>
- Prats, J. (2007). La Historia es cada vez más necesaria para formar personas con criterio. *Revista Digital Escuela*, 3753 (914). Recuperado de: http://www.ub.edu/histodidactica/images/documentos/pdf/historia_necesaria_formar_personas_criterio.pdf
- Pilot, A. (2000). The concept of "basic scientific knowledge" through some of the reforms recently undertaken in science and technology teaching in European States. En M. Poisson (Ed.): Science education for contemporary society: problems, issues and dilemmas
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. «BOE» núm. 3, de 03 de enero de 2015

- René, T. (1985). *Historia general de las ciencias*. Tomo I. La Ciencia Antigua y Medieval. Barcelona: Editorial Alcalá.
- Romero-Ariza, M. y Quesada, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32, pp. 101-115.
- Romero-Ariza, M. (2017). El aprendizaje por indagación: ¿existen suficientes evidencias sobre sus beneficios en la enseñanza de las ciencias? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), pp. 286-299.
- Rutherford, F., Holton, G. y Watson, F. (1970). *Project Physics Text*. New York: Editorial Winston.
- Salgado, S. (2012). La filosofía de Aristóteles. *Cuadernos Duederías*, 2. Recuperado de: <http://guindo.pntic.mec.es/~ssag0007/filosofica/aristoteles-duererias.pdf>
- Sols, F. (2014). ¿Puede la ciencia ofrecer una explicación última de la realidad? *En Molina*, Ciencia y Fe. Madrid: Editorial CEU.
- Solis, C. (2013). *Historia de la Ciencia*. Espasa Editorial: Barcelona.
- Teixidó, J. (2009). Ideas e instrumentos para la evaluación continua del alumnado: algunas consideraciones ante la introducción de cambios metodológicos. Jornadas de Formación del Profesorado de la Facultad de Económicas de la UCLM. Recuperado de: http://www.joanteixido.org/doc/docenciauniversitat/avaluacio_continua_text.pdf.
- Torres, M. I. (2010). La enseñanza tradicional de las ciencias versus las nuevas tendencias educativas. *Revista Electronica Educare*, 15(1), 131-142.
- Val, O. (2015). Historia de la evolución de la tabla periódica de los elementos químicos: un ejemplo más de la aplicación del método científico. *Anales de Química*, 111(2), 109-117.
- Villamar, J. (2015). El positivismo y la investigación científica. *Revista Empresarial ICE-FEE-UCSG*, 9 (3), 29-34. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6419741.pdf>
- Zorrilla, D. (2017). La Historia antigua en educación secundaria: realidad y posibilidades. *Documento Electrónico de la Universidad de Cantabria: Facultad de Educación*. Recuperado de: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/13169/ZorrillaMazaDavid.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

