

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA EL EMPLEO DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA DEL PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

TEACHING PROPOSAL FOR THE USE OF HISTORY OF SCIENCE IN TEACHING THE FIRST PRINCIPLE OF THERMODYNAMICS IN SECONDARY SCHOOL

Elena Álvarez González¹
Daniel Manzano¹

1. Departamento de Electromagnetismo y Física de la Materia
Universidad de Granada, España

Proceso editorial

Recibido: 07/10/2017

Aceptado: 29/01/2018

Publicado: 08/02/2018

Contacto

Elena Álvarez González
elenalvarez@correo.ugr.es

Daniel Manzano
manzano@onsager.ugr.es

CÓMO CITAR ESTE TRABAJO | HOW TO CITE THIS PAPER

Álvarez González, E. y Manzano, D. (2018). Propuesta didáctica para el empleo de la Historia de la Ciencia en la enseñanza del primer principio de la Termodinámica en Educación Secundaria. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 25: 9-28.

PROPUESTA DIDÁCTICA PARA EL EMPLEO DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ENSEÑANZA DEL PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

TEACHING PROPOSAL FOR THE USE OF HISTORY OF SCIENCE IN TEACHING THE FIRST PRINCIPLE OF THERMODYNAMICS IN SECONDARY SCHOOL

Resumen

El empleo de recursos históricos en la enseñanza de las asignaturas de Ciencias está ampliamente recomendado tanto en Educación Básica, como en Secundaria y Superior. Esto se debe a que la historia de la ciencia como recurso educativo se emplea para motivar al alumnado, además de mostrar la ciencia como actividad humana, permitiendo trabajar contenidos de naturaleza de la ciencia. Sin embargo, este recurso no es eficaz si no se emplea con un enfoque reflexivo.

En este artículo se desarrolla una propuesta didáctica en la que se muestra cómo el desarrollo histórico del Primer Principio de la Termodinámica, temática propuesta en el curriculum de Educación Secundaria, puede ayudar a que el alumnado comprenda estos conceptos científicos abstractos y de gran dificultad para ellos. La historia de la ciencia es un buen recurso para provocar conflictos cognitivos que ayuden a cambiar las concepciones alternativas del alumnado por otras más cercanas a lo aceptado por la comunidad científica. Además, contribuye a conseguir que dicho alumnado desarrolle las competencias curriculares. Finalmente, a través del desarrollo histórico de conceptos científicos el alumnado podrá conocer, de manera interdisciplinar, la importancia del trabajo científico a lo largo de la historia. También potenciará la relación de esta asignatura con otras como la historia y la filosofía, fomentando así la capacidad del alumnado para reflexionar y pensar de forma crítica.

Palabras clave: historia de la Ciencia; ideas previas; pensamiento crítico; aprendizaje constructivo; propuesta; enseñanza-aprendizaje de la Física-Química.

Abstract

The use of historical resources in teaching science subjects is widely recommended in both Basic, Secondary, and High Education. This happens because it is used for motivate students and to show science as a human activity, allowing to work with contents of the nature of science. However, this resource is not effective if it is not used with a reflective approach.

In this paper, we develop a didactic proposal in which it is shown how the historical development of the First Principle of Thermodynamics, proposed in the curriculum of Secondary Education, can help students to understand these abstract scientific concepts of great difficulty for them. History of Science is a good resource to incite cognitive conflicts that help to change the alternative conceptions of students by others closer to what is accepted by the scientific community. In addition, it helps students to develop the curricular competences. Finally, through the historical development of scientific concepts, students will be able to know, in an interdisciplinary way, the importance of scientific work throughout history. This will also highlight the relation between this other subjects, such as history and philosophy, thus enhancing its capacity to reflect and think critically.

Keywords: history of science; previous ideas; critical thinking; constructive learning; teaching-learning of physics and chemistry.

INTRODUCCIÓN

La Física y la Química son disciplinas impartidas tanto en Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O.) como en Bachillerato, adquiriendo un carácter formal y optativo en el segundo ciclo de E.S.O. y en Bachillerato de acuerdo con la legislación vigente en la Comunidad Autónoma de Andalucía, Orden de 14 de Julio de 2016, por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato 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 (Consejería de Educación, 2016), que cumple con lo establecido 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 (Ministerio de Educación, 2015). La asignatura de Física y Química tiene la responsabilidad de promover que el alumnado adquiera las competencias clave establecidas en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato (Educación, Cultura y Deporte, 2015), entendiéndose como competencia clave los conocimientos y habilidades que el alumnado debe adquirir para integrarse de forma activa en la sociedad actual.

Además, de acuerdo con el Real Decreto 1105/2015, la Física y Química tiene la responsabilidad de proporcionar al alumnado herramientas que le permitan afrontar el futuro, participando así en «el desarrollo económico y social al que está ligada la capacidad científica, tecnológica e innovadora de la propia sociedad» (p.88-89). Con el objetivo de alcanzar estas expectativas, la asignatura de Física y Química se debe impartir favoreciendo un aprendizaje contextualizado que permita al alumnado alcanzar las competencias necesarias para su desarrollo en la sociedad. Este aprendizaje contextualizado se consigue relacionando la evolución histórica de los conocimientos científicos con los principios que los rigen. Además, para que el aprendizaje basado en la contextualización de los conceptos científicos sea efectivo, se debe establecer una relación entre la ciencia, la tecnología y la sociedad actual.

La teoría constructivista del aprendizaje, cuyas propuestas se han convertido en un eje de transformación de la enseñanza, defiende que este proceso es eficaz cuando el alumnado es capaz de asimilar nuevos conocimientos basándose en sus conocimientos previos. Por tanto, el aprendizaje llevado a cabo de forma activa, mediante la construcción de su propio conocimiento, es una alternativa muy interesante a los métodos de enseñanza tradicionales. Esto afecta de manera natural a las asignaturas de Física y Química (Freeman et al., 2014; Bueno-Pérez, & Manzano, 2013; Talanquer, 2015)we metaanalyzed 225 studies that reported data on examination scores

or failure rates when comparing student performance in undergraduate science, technology, engineering, and mathematics (STEM).

Además, numerosas investigaciones demuestran que el alumnado no llega a clase con la mente en blanco, sino que posee unas concepciones o ideas previas que no siempre son correctas (Campanario & Otero, 2000; Mahmud & Gutiérrez, 2010). Estas concepciones previas van a influir enormemente en su aprendizaje, ya que, a través de ellas, el alumnado interpreta el mundo que les rodea. Teniendo en cuenta este hecho, el docente tiene la necesidad de conocer las ideas previas del alumnado relacionadas con el tema a tratar, tal y como afirma Ausubel (Ausubel, 1976) (p. 6): «El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averigüese esto y enséñese consecuentemente».

El interés de enfocar la enseñanza de las Ciencias en la identificación y reestructuración de las ideas previas radica en que el alumnado lleva a cabo el proceso de construcción del nuevo conocimiento partiendo de la base de lo que ya conocen. De esta forma, cuando incorporan información nueva activan en su memoria los conocimientos que están relacionados con ella. Así se establecen conexiones, y se interpreta la nueva información en base a los conocimientos previos. Además, hay investigaciones que muestran que los propios docentes también tienen ideas previas sobre los contenidos de asignaturas de Ciencias como Química, Física y Biología. Estas investigaciones insisten en la preocupación por la transmisión de ideas previas erróneas por parte de los docentes al alumnado (Jasien & Oberem, 2002; Mahmud & Gutiérrez, 2010). Como consecuencia, si las bases conceptuales de las que el alumnado parte son erróneas, el proceso de construcción de conocimientos se verá afectado negativamente (Mahmud & Gutiérrez, 2010).

Dentro de la asignatura de Física y Química, la enseñanza tradicional de los conceptos relacionados con la Termodinámica da gran importancia a sus representaciones matemáticas. Esto deja habitualmente de lado su contextualización con el entorno. Además, solo un pequeño porcentaje de los libros de texto de Física y Química tienen en cuenta el desarrollo de la historia. Cuando esta se muestra, se suele hacer en forma de anécdotas y breves biografías, sin centrarse en los conceptos en sí ni en cómo han ido evolucionando. Esto provoca que el alumnado tenga una visión ahistórica y apromblemática en la construcción de los conocimientos científicos (Furió-Gómez, Solbes Matarredona, & Furió-Más, 2006).

OBJETIVOS

Como aplicación al modelo constructivista, en este artículo se propone una estrategia para mejorar el proceso enseñanza-aprendizaje de las asignaturas de Ciencias,

incluyendo un enfoque histórico en el aula. En concreto, esta estrategia se centra en el desarrollo histórico del Primer Principio de la Termodinámica (Álvarez-González, 2017). Los objetivos principales de esta propuesta son:

- Desmontar las ideas previas que el alumnado tiene acerca de los conceptos científicos, específicamente los relacionados con el Primer Principio de la Termodinámica.
- Facilitar el aprendizaje de conceptos abstractos.
- Proveer al alumnado de técnicas para la construcción y autorregulación de su propio aprendizaje.

HISTORIA DE LA CIENCIA EN LAS AULAS

En la mayoría de los casos en los que se ha analizado la enseñanza de las Ciencias mediante el método de enseñanza tradicional, no se han obtenido buenos resultados. Esto es debido a que el alumnado aprende parcialmente los conocimientos transmitidos, o directamente no los aprende ya que sólo comprenden los resultados una vez que han construido su propio significado (Gagliardi, 1988). Además, el estudio del saber científico, tal y como se suele impartir en los programas académicos, contempla una serie de aspectos que dan lugar a que el alumnado tenga una visión descontextualizada de la Ciencia. Entre estos aspectos destacan (Hernández González & Prieto Pérez, 2000):

- La desconexión de las diferentes asignaturas que componen el currículum académico. Esto da lugar a que el alumnado tenga que estudiar las diferentes materias como unidades aisladas, sin establecer ningún tipo de relación entre ellas. Como consecuencia, el alumnado no comprende que la Ciencia es el resultado de la construcción humana.
- La tendencia que tiene el profesorado a fomentar que el alumnado aprenda a operar y formular antes de comprender los conceptos científicos. Se tiende a prestar mayor atención a la formulación matemática que a la comprensión de los propios conceptos en sí. Esto se debe a que, en la sociedad actual, el carácter práctico del saber científico predomina sobre el carácter operativo del mismo. Como consecuencia, el alumnado adquiere un aprendizaje basado en la mecanización y memorización de conceptos y operaciones matemáticas, sin adquirir la capacidad crítica y reflexiva que el saber científico requiere.
- En muchas ocasiones, dentro del temario de las asignaturas científicas aparecen referencias históricas. Estas apariciones se suelen dar sin un marco de contextualización correcto. Como consecuencia, se transmite una visión deformada del saber científico. Además, la dificultad de desmontar esta visión errónea da lugar a los diferentes estereotipos que la sociedad actual tiene sobre la Ciencia.

Teniendo en cuenta lo mencionado hasta el momento, cada vez está más extendida entre los investigadores de la didáctica de las Ciencias la orientación hacia un aprendizaje constructivista. Dentro de esta línea, destaca el aprendizaje de los conceptos científicos basados en su contextualización histórica (García Castro, Fernández Gómez, & Díaz Lavona, 2012). Un empleo adecuado de la historia en la enseñanza de las Ciencias ha sido ampliamente propuesto como complemento en las aulas debido a que se puede utilizar para diversos fines, entre los que destacan (Gagliardi, 1988):

- La determinación de obstáculos epistemológicos que dificultan el aprendizaje del alumnado.
- La reestructuración y reorganización de las ideas previas del alumnado.
- La comprensión de cuáles son las teorías actuales y cuáles han sido los obstáculos que dificultaron su aparición.
- Complementación de la enseñanza de otras disciplinas, como son la historia y la geografía.

Teniendo en cuenta el amplio abanico de aplicaciones, en la literatura se pueden encontrar numerosos argumentos a favor de la introducción de la Historia de la Ciencia en el currículum de las asignaturas científicas en Educación Secundaria (Nielsen & Thomsen, 1990; Pessoa de Carvalho & Castro, 1992; Soláz-Portolés & Moreno-Cabo, 1998). Algunos de los beneficios que se han observado tras la inclusión de la Historia de la Ciencia son la comprensión del modo de desarrollo de la Ciencia, la generación de actitudes positivas hacia la misma, la comprensión de la relevancia sociocultural de la Ciencia y la mejora en la asimilación de los conceptos científicos (Soláz-Portolés & Moreno-Cabo, 1998).

Sin embargo, se ha demostrado que el efecto conseguido empleando recursos históricos en el aula no es significativo si no se hace con un enfoque reflexivo. Esto se debe a que el alumnado necesita reflexionar sobre el relato histórico, de forma que pueda considerarlo interesante y mejorar su concepción de la naturaleza de la Ciencia (Abd-El-Khalick, 2013; Abd-El-Khalick & Lederman, 2000; McComas, 2008).

En concreto, el empleo de recursos históricos para explicar los conceptos relacionados con el Primer Principio de la Termodinámica puede ayudarnos a desarrollar simultáneamente las tres competencias claves establecidas en la Orden de 14 de Julio de 2016, que son: Competencia de Aprender a Aprender (CAA), Competencia Lingüística (CLL) y la Competencia Matemática y Competencias básicas en Ciencias y Tecnología (CMCT), ya que de acuerdo con Araya y colaboradores (Araya, Alfaro, & Andonegui, 2007), y con la corriente constructivista social en la que destacan Vi-

gotsky y Bruner entre otros, para desarrollar al máximo las capacidades e intereses del alumnado, «hay que considerar el aprendizaje en el contexto de una sociedad, impulsado por un colectivo y unido al trabajo productivo, incentivando procesos de desarrollo del espíritu colectivo, el conocimiento científico-técnico y el fundamento de la práctica en la formación de las nuevas generaciones» (Araya, Alfaro, & Andonegui, 2007) (p. 91).

Actualmente, el proceso de aprendizaje se entiende como un proceso de asimilación en el que se utilizan las ideas previas para procesar nueva información. Este proceso culmina cuando el alumnado asimila las nuevas ideas. Sin embargo, para que el alumnado construya su propio aprendizaje son necesarias la reestructuración y reorganización de los nuevos conocimientos, así como su vinculación con los conocimientos previos (Bueno-Pérez & Manzano, 2013). En este sentido, una aplicación muy interesante de la Historia de la Ciencia es la anticipación a las dificultades conceptuales del alumnado, ya que éstos suelen tener concepciones previas, normalmente erróneas. Además, estas ideas suelen ser resistentes al cambio por los métodos de enseñanza tradicional (Matthews, 1994; Soláz-Portolés & Moreno-Cabo, 1998).

Como complemento de lo mencionado hasta ahora, una vez evaluadas las ideas previas y determinados los obstáculos que impiden el aprendizaje del alumnado, el empleo de la Historia de la Ciencia como recurso de enseñanza-aprendizaje permite centrar los objetivos en un determinado obstáculo. También permite mostrar al alumnado que el saber científico es el resultado de una construcción humana, con sus errores y sus correspondientes rectificaciones.

No obstante, este modelo de enseñanza-aprendizaje basado en el desarrollo histórico de los conceptos científicos debe plantearse bajo una serie de condiciones (García Castro et al., 2012):

- El proceso debe estar orientado a provocar una especie de insatisfacción en el alumnado con respecto a sus ideas previas, de tal forma que las nuevas ideas generen interés en ellos.
- Estas nuevas ideas, basadas en las ideas previas, deben ser entendibles por parte del alumnado. Para ello se deben usar diferentes recursos, tales como las metáforas y las analogías históricas.
- No es suficiente que el alumnado entienda estos nuevos conceptos, sino que se debe generar curiosidad por los mismos. Para ello, es necesario que el alumnado los considere útiles.

PROPUESTA DIDÁCTICA: DESARROLLO DEL PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA

Generalmente, el alumnado llega al aula con unas concepciones previas que no coinciden con las científicamente aceptadas, que además son muy resistentes al cambio. Por ello, con el objetivo de intentar desmontar dichas concepciones previas, en este artículo se proponen una serie de etapas que pretenden contextualizar históricamente la enseñanza de las Ciencias. En concreto, se tratará el desarrollo histórico del Primer Principio de la Termodinámica, que se cursa en Bachillerato.

Etapa 1: Identificación de ideas previas

El objetivo de esta etapa es identificar las ideas previas que tiene el alumnado, ya que muchas de ellas no están científicamente aceptadas o solo lo están parcialmente. Además, el alumnado se aferra a ellas cuando se enfrenta a problemas nuevos y, por lo tanto, son muy resistentes al cambio.

La procedencia de estas ideas previas suele ser muy variada: medios de comunicación, experiencias personales, académicas, etc. Por ello, se deben buscar herramientas que permitan identificar cuáles son los conocimientos de los que parte el alumnado, así como su relación con la sociedad actual, la cultura y la tecnología.

Es muy importante tener en cuenta que los estudiantes de hoy en día viven una situación sociocultural, y sobre todo tecnológica, muy diferente a la que vivieron los científicos de siglos pasados como Lavoisier, Joule o Black. No obstante, no debemos olvidar que la sociedad en la que hoy vivimos existe y logramos comprenderla gracias a los conocimientos ya elaborados (Álvarez-González, 2017).

En el caso particular del Primer Principio de la Termodinámica, se ha demostrado en diferentes estudios que los estudiantes tienen dificultades en la comprensión de los conceptos de calor y temperatura. Entre ellas destacan: 1) considerar que el calor es una forma de energía y no una forma de transferencia de energía; 2) que la temperatura aumenta proporcionalmente con la masa; 3) confundir calor con temperatura (Mahmud & Gutiérrez, 2010).

Existen diferentes técnicas para identificar dichas ideas previas. Entre ellas destaca el empleo de un cuestionario previo a la impartición de la unidad. En concreto, se puede encontrar en el trabajo realizado por Álvarez-González (2017) un conjunto

de preguntas iniciales para identificar las ideas previas del alumnado acerca de los conceptos relacionados con el Primer Principio de la Termodinámica. En el Anexo de este trabajo se puede encontrar una propuesta de cuestionario inicial orientado a la identificación de las ideas previas del alumnado, acerca de los contenidos relacionados con el Primer Principio de la Termodinámica. Para establecer cuáles son las conexiones más importantes entre las ideas alternativas que se han identificado y sus posibles causas es recomendable realizar un esquema, que deberá adaptarse a cada caso en particular, aunque de forma general puede incluir las características de los conceptos que emplea el alumnado, así como la proximidad de estos conceptos con los aceptados científicamente y las condiciones que han propiciado la concepción de ideas erróneas (García Castro et al., 2012).

Para conocer la procedencia de las ideas previas del alumnado el profesorado deberá investigar el entorno social, así como los medios de información que suelen usar (documentales, internet, revistas, etc.). Teniendo en cuenta las respuestas del alumnado, el profesorado podrá conocer los criterios que utilizan para hacer sus esquemas mentales.

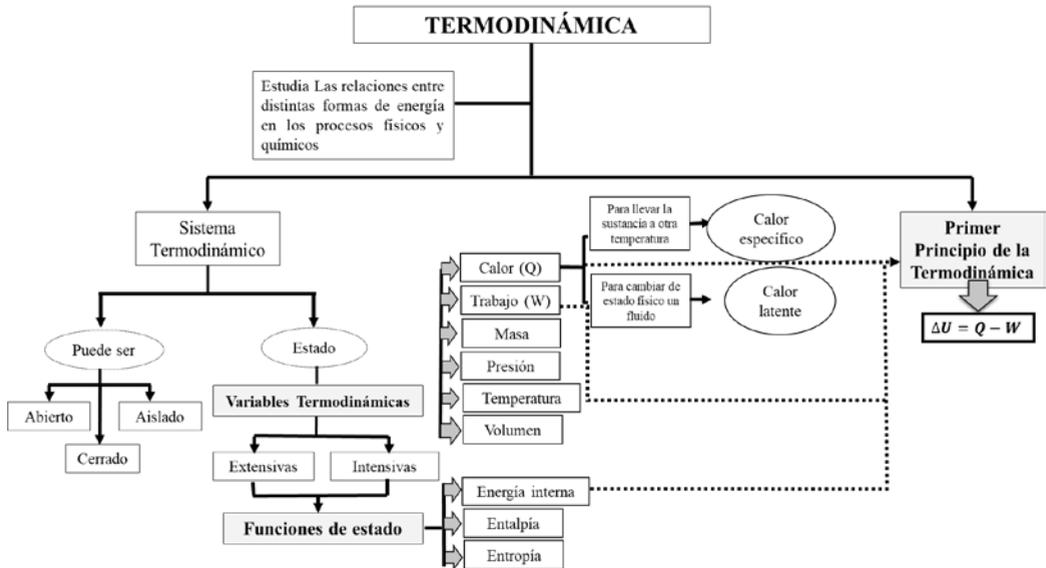
Finalmente, una vez que se han identificado los obstáculos que dificultan el aprendizaje, se pueden conocer los conceptos erróneos que se deben cambiar, aquellos en los que sea necesario profundizar, y los aciertos del alumnado (Astolfi, 1988).

Etapa 2: Introducción al temario de estudio

El objetivo de esta etapa es mostrar al alumnado una secuencia lógica de los contenidos que se van a impartir. Esto facilitará el proceso de aprendizaje autorregulado de los mismos.

En el caso concreto del estudio del Primer Principio de la Termodinámica, es muy recomendable que, previo al desarrollo de conceptos tales como el calor, el trabajo mecánico o la energía, se realice una contextualización histórica de la evolución que han sufrido dichos conceptos hasta llegar a los actualmente aceptados. Con este método se mostrará al alumnado que el conocimiento científico se consigue gracias al trabajo colaborativo realizado por muchas personas a lo largo de la historia, y que este conocimiento no es estático. Esta contextualización se puede llevar a cabo a través de herramientas como los mapas conceptuales y la V de Gowin como se muestra en la Figura 1.

A.



B.

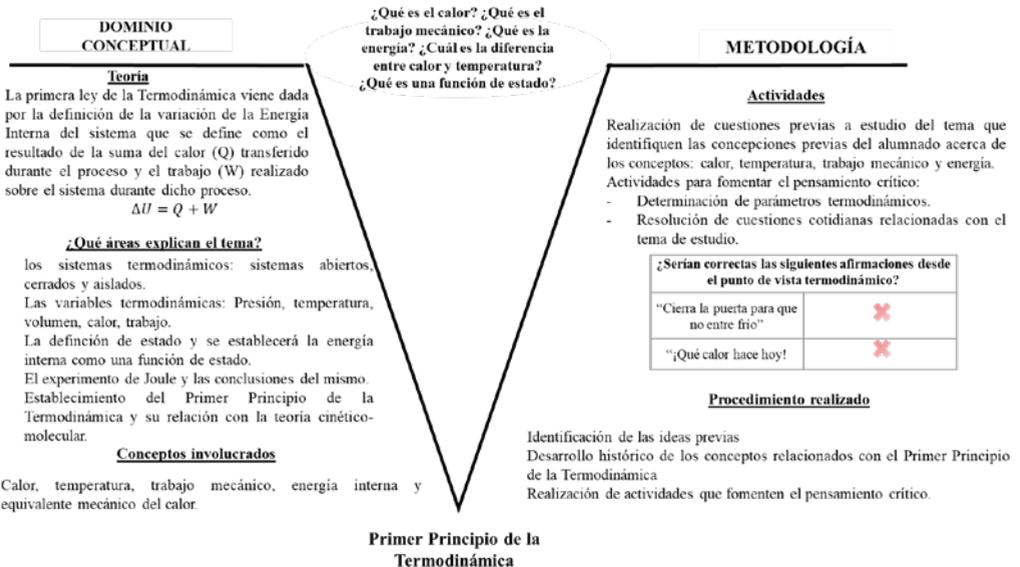


Figura 1. Herramientas para abordar el Primer principio de la Termodinámica: **A)** Mapa conceptual (Álvarez-González, 2017); **B)** V de Gowin

Etapa 3: Aprendizaje autorregulado

Una de las competencias clave que el alumnado debe desarrollar durante sus estudios de Educación Secundaria es la competencia de aprender a aprender, que según la Orden ECD/65/2015 exige al alumnado «la capacidad para motivarse por aprender». Esta motivación va a depender de factores como la curiosidad que se genere en el alumnado y el protagonismo que éste tiene en su propio aprendizaje.

Un empleo adecuado de recursos basados en el desarrollo histórico de la Ciencia, tales como textos originales, viñetas o confrontaciones, permite despertar el interés del alumnado mostrándoles los problemas a los que la comunidad científica ha tenido que hacer frente tanto en épocas pasadas como en la actualidad (Acevedo, García-Carmona, & Aragón, 2016; Stinner, McMillan, Metz, Jilek, & Klassen, 2003).

En concreto, en la enseñanza de la Termodinámica se pueden encontrar situaciones problemáticas de interés social que en el siglo XIX despertaron el interés de los científicos de la época, y que actualmente siguen siendo de gran interés para la sociedad.

Es conveniente mostrar al alumnado, previo al desarrollo del Primer Principio de la Termodinámica, el significado de la Termodinámica como ciencia a través del desarrollo histórico de la misma. Para esto hay que tener en cuenta la situación económica, social, política y científica de la época (siglos XIX-XX).

En el trabajo realizado por Álvarez-González (2017) se muestra el desarrollo histórico del Primer Principio de la Termodinámica. En este trabajo (ver Anexo, Texto 1-5) se muestran fragmentos de textos originales a modo de material didáctico que, empleado adecuadamente, permite que el alumnado sea consciente de la construcción del conocimiento que han realizado los científicos a lo largo de la historia y será capaz de relacionar esta construcción del conocimiento con su propia forma de aprendizaje. Esto facilita la reconstrucción de aquellas ideas previas erróneas de las que el alumnado partía. Finalmente, una vez que el alumnado haya comprendido los conceptos estudiados les resultará más fácil comprender las ecuaciones matemáticas de las cuales se nutre la Termodinámica.

Con la ayuda de este material, se propone la enseñanza de los conceptos relacionados con el Primer Principio de la Termodinámica de la siguiente forma:

- a. Los conceptos de calor y trabajo se pueden abordar empleando fragmentos de textos de los científicos de la época. El objetivo es mostrar las distintas concepciones del alumnado y así provocar que ellos mismos sean conscientes de la necesidad de introducir el concepto «energía interna». Además, a través del desarrollo histórico de los conceptos «calor», «trabajo» y «energía interna» el alum-

nado puede adquirir la capacidad de aprendizaje deductivo y, por tanto, será más fácil mostrarles que el calor y el trabajo no son formas de energía, sino formas de transferencia de energía.

De esta forma, se desmontarán las ideas previas del alumnado, permitiéndoles generar un nuevo conocimiento a través de la evolución de la Ciencia.

- b. A través del desarrollo histórico de los conceptos «calor», «trabajo» y «energía interna» el alumnado puede adquirir la capacidad de aprendizaje deductivo y, por tanto, será más fácil mostrarles que el calor y el trabajo no son formas de energía, sino formas de transferencia de energía.

Etapas 4: Generando pensamiento crítico y construcción de nuevos aprendizajes

La misión de un docente no es tanto la de enseñar al alumnado una serie de conocimientos relacionados con la materia, sino enseñar a aprender. Esto significa guiar al alumnado a adquirir una autonomía intelectual (Jones & Idol, 1990). En ese sentido, el empleo de herramientas que enseñen al alumnado a entender y pensar de forma crítica es un aspecto fundamental en la enseñanza, en particular la de las Ciencias. Para generar este pensamiento crítico y construir nuevos aprendizajes es importante que el alumnado se cuestione sus propias ideas previas, generando una situación de conflicto que debe ser tratada adecuadamente en el aula.

En el contexto de este conflicto, es importante mostrar al alumnado mediante un enfoque histórico que los conocimientos antiguos, aunque no sean aceptados actualmente, han sido los que han dado lugar a establecer los nuevos conocimientos. Incluso muchos de ellos siguen siendo de gran utilidad. Se debe mostrar al alumnado que, aunque sus ideas previas no fueran las correctas, deben aprender a valorarlas ya que gracias a ellas pueden establecer nuevos conocimientos.

Explicar la Ciencia a través de su historia no significa transmitir verbalmente unos conocimientos que ya han sido elaborados (García Castro et al., 2012). Este recurso debe combinarse adecuadamente con otras herramientas adaptadas a la sociedad actual que muestren que el aprendizaje de las ciencias conlleva un conocimiento teórico acompañado de un conocimiento experimental.

En este sentido, se les puede facilitar diferentes actividades, dentro del marco del aprendizaje activo, con el objetivo de favorecer el pensamiento crítico del alumnado. Estas actividades se podrán realizar tanto de manera individual como en grupos, fomentando también el aprendizaje colaborativo. Pueden ser tanto numéricas, como de razonamiento o trabajos por proyectos.

A través la apropiada elección de las actividades se podrá promover que el alumnado reflexione sobre los contenidos impartidos. También se perseguirá que el alumnado sea capaz de defender una postura en un debate. A modo de ejemplo, algunas actividades que se pueden proponer con esta finalidad, dentro del estudio del Primer Principio de la Termodinámica son las que se muestran en la Tabla 1 (Álvarez-González, 2017). Además, estas actividades pueden servir para comprobar si el alumnado ha sido capaz de reestructurar las concepciones erróneas de las que partía, así como para motivarlos en el desarrollo de su propio aprendizaje.

Actividades para debatir en clase	Actividades para hacer en grupos
<p>Las siguientes frases, empleadas a diario por las personas, ¿serían correctas desde el punto de vista termodinámico?</p> <p>«Cierra la puerta para que no entre frío».</p> <p>«Qué calor hace hoy».</p> <p>Discuta sobre la utilización de la mano (el sentido del tacto) como un termómetro. ¿Qué es lo que realmente mide el tacto cuando toca un objeto?</p>	<p>Si tenemos una olla de presión enfriándose, ¿Cuál es la cantidad de calor que se le debe retirar a una olla de presión de 10 L para enfriarla hasta temperatura ambiente?</p> <p><i>Para su resolución, suponer que la olla se encuentra llena hasta la mitad y establecer diferentes valores de presión (1,2 atm, 1,5 atm, 2 atm).</i></p>
Actividades numéricas	Actividades para razonar individualmente
<p>Un cilindro de 10 cm de diámetro está cerrado por un émbolo. La presión exterior es en todo momento de 0,99 atm. La cámara está llena de aire que se encuentra inicialmente a 300 K y el émbolo está a una distancia de 10 cm respecto del fondo. Se calienta hasta que su temperatura llega a 450 K. Calcule el calor que entra, el trabajo que se realiza sobre el gas, así como la variación de su energía interna (Laplace, s.f.).</p> <p>a) Si el émbolo está bloqueado de forma que no puede desplazarse (Volumen constante).</p> <p>b) Si el émbolo está libre y puede deslizarse sin rozamiento por el tubo (presión constante).</p>	<p>Responda razonadamente a las siguientes preguntas:</p> <p>a) En la expansión de un gas a volumen constante, ¿Cuánto valdrá la variación de energía interna, el trabajo y el calor realizado sobre él?</p> <p>b) ¿Y en un sistema aislado?</p>

Tabla 1. Propuesta de actividades orientadas a promover el pensamiento crítico del alumnado (Álvarez-González, 2017)

Por otro lado, teniendo en cuenta que el experimento de Joule es uno de los más importantes para el establecimiento del Primer Principio de la Termodinámica, se puede proponer en clase la determinación experimental del *equivalente mecánico del calor*. En (Álvarez-González, 2017) se puede encontrar el desarrollo de este experimento adaptado a estudiantes de educación secundaria y empleando una aplicación virtual gratuita. El empleo de simulaciones virtuales cada vez es más común debido a que los recursos en las aulas son limitados. Además, este tipo de actividades fomenta el desarrollo de las TIC. Esto permite recrear al alumnado diferentes experiencias prácticas, mostrándoles el lado experimental de la ciencia.

REFLEXIONES FINALES

La enseñanza de las Ciencias basada en el análisis de la evolución histórica de los conceptos favorece el modelo de aprendizaje constructivista, de tal forma que el proceso enseñanza-aprendizaje consista en una analogía entre el conocimiento científico actual y la forma de aprender del alumnado. Además, esta forma de enseñar Ciencia permite mostrar al alumnado el contexto en el que surgen los conceptos y las teorías científicas. De tal forma que se puede mostrar al alumnado el proceso que debe seguir un nuevo concepto científico para romper con los paradigmas establecidos, y que dichas teorías pasadas han sido necesarias para, a través de su evolución, poder llegar a los conocimientos actuales de la Ciencia.

Para favorecer que el alumnado sea capaz de adquirir pensamiento crítico y construir su propio aprendizaje hay que partir de las bases del conocimiento de los mismos, es decir, de sus ideas previas.

Por ello, se muestra una estrategia didáctica basada en la evolución histórica de la Ciencia, orientada a conseguir los objetivos mencionados. De esta forma, se pretende desarrollar las capacidades científicas del alumnado, así como su espíritu crítico y su curiosidad hacia las ideas de los demás, contribuyendo a la formación de futuros científicos capaces de colaborar con el desarrollo de la Ciencia, enriqueciendo el saber científico y por tanto a la sociedad.

ANEXO

Propuesta de preguntas para la identificación de las ideas previas del alumnado relacionadas con el Primer Principio de la Termodinámica (Álvarez-González, 2017).

1. Imagina que tenemos tres vasos de agua marcados como A, B, C. Se introduce un termómetro de mercurio sin graduar observando la subida del mismo. Podemos observar que en A y B la altura del mercurio es la misma y a su vez B y C están también a la misma temperatura. ¿Qué conclusión podríamos sacar sobre la relación de temperaturas entre los vasos A y C? ¿Cómo explicarías este resultado?
2. Siempre que un cuerpo recibe calor, ¿aumenta su temperatura?
3. Imaginemos una cámara aislada, como es el caso de una nevera de playa, en la cual colocamos dos vasos de agua, uno de ellos a 20 °C y el otro a 40 °C. Después de un tiempo ¿Cuál será la temperatura final de los vasos? (Müller, 2002).
4. Cuando se calienta un vaso de leche en el microondas el foco del microondas ejerce sobre la leche: a) calor, b) trabajo, c) energía.
5. Para que las ruedas de un coche se muevan para que el coche circule es necesario que el motor ejerza sobre las mismas: a) trabajo, b) energía, c) trabajo.
6. Un tubo de ensayo, como el de la figura, se llena de agua a temperatura ambiente y se tapa con un tapón. Posteriormente se aplica calor a dicho tubo y el tapón sale disparado. ¿Cómo podrías explicar este hecho? ¿Qué explicación termodinámica podrías dar?

Propuesta de textos para abordar los conceptos relacionados con el Primer Principio de la Termodinámica

Concepto de calor

Comenté antes que, incluso sin la ayuda de termómetros, podemos percibir una tendencia del calor a difundirse de cualquier cuerpo más caliente a todas las partes de una heladera, hasta que es distribuido, de tal manera que ninguno de ellos está dispuesto a tomar más calor que el resto. El calor es causado por un estado de equilibrio. Este equilibrio es algo extraño (...) Debemos adoptar, por tanto, como una de las leyes más generales del calor, que: Todos los cuerpos se comunican entre sí libremente, y sin exponerse a la acción externa, adquieren la misma temperatura, como se demuestra con un termómetro. Todos adquieren la temperatura del medio circundante (Black, 1803).

Texto 1. Fragmento del texto de Joseph Black, en el que se defiende que el calor está formado por «partículas minúsculas» que se repelen entre sí. Es decir, explica el concepto de calor a través de la hipótesis del calórico (Álvarez-González, 2017), (Solís & Sellés, 2005)

¿Qué es el calor? ¿Hay alguna cosa llamada fluido ígneo? ¿Hay algo que puede llamarse con decoro calórico? Hemos visto que una cantidad muy considerable del calor puede ser excitada en el rozamiento de dos superficies metálicas y dada en un torrente continuo o cambio continuo, en todas direcciones, sin la repetición o el intermedio, y sin alguna señal de disminución o agotamiento(...) ¿Fue suministrado por el agua que rodeó la maquinaria? Esto no pudo haber sido: primero, porque el agua estaba recibiendo el calor de la maquinaria continuamente y no podía estar dando calor al cuerpo y recibiendo calor del mismo cuerpo, simultáneamente y en segundo lugar, porque no había descomposición química de ninguna parte de esta agua (Thompson, 1798).

Texto 2. Fragmento del texto en el que se muestra las cuestiones que Thomson se planteó y el razonamiento seguido hasta deducir que el calor no puede consistir en una sustancia material, ya que la hipótesis del calórico no explica sus resultados experimentales. Véase el experimento de Thomson en el trabajo realizado por Álvarez-González (2017)

Equivalente mecánico del calor y definición del trabajo mecánico

«¿Qué cantidad de calor corresponde a una cantidad dada de energía cinética y potencial?»

Texto 3. Pregunta planteada por Julius Robert Mayer (1814-1878) y que fue la clave para la deducción de la equivalencia entre calor y trabajo quien describió la equivalencia y conservación de las distintas formas de energía dejando abierto un interrogante clave para la deducción de la equivalencia entre calor y trabajo (Porras Contreras, 2006) (Álvarez-González, 2017)

Uno de los experimentos que Joule realizó y repitió es el siguiente:

Un recipiente con agua, al que se acoplan unas paletas conectada con unos pesos que descienden lentamente haciendo girar la rueda de paletas en un contenedor de agua. Debido a la fricción entre la rueda y el agua, la rueda realiza trabajo sobre el agua aumentando su temperatura. Este experimento le permitió enunciar dos principios («Cuaderno de Cultura Científica,» 2017):

La cantidad de calor que se produce por la fricción de dos cuerpos, sólidos o líquidos, siempre es proporcional a la cantidad de energía gastada.

La cantidad de calor, medida en calorías, que es capaz de incrementar 1°C la temperatura de 1 Kg de agua, requiere una variación de la energía mecánica que viene representada por la caída de 1 m de un peso de 4,180 Newtons.

Texto 4. Experimento de Joule (1818-1889), en el cual demostraba el Principio de conservación de la energía. Con la primera afirmación demuestra que el calor no es un fluido, sino una forma de energía. Con la segunda afirmación, proporciona un valor numérico de la proporción entre la energía mecánica (trabajo mecánico) y

la cantidad equivalente de energía térmica (calor), la cual se conoce como equivalente mecánico del calor (Álvarez-González, 2017)

El calor libre podría interpretarse a través del movimiento térmico de los átomos y el calor latente como fuerzas de tensión acumulada entre ellos. El calor de las reacciones químicas podría asimilarse a una fuerza viva interpretadas como fuerzas de tensión producidas en el cambio de configuración entre el estado inicial y el estado final de la reacción química, por lo que el calor de reacción solo dependería de dichos estados y no dependería de los estados intermedios seguidos en la reacción (von Helmholtz, 1847).

Texto 5. Fragmento de un texto en el que Helmholtz estudia la relación entre la ley general de la conservación de la energía y la teoría cinético-molecular y dedujo el Primer Principio de la Termodinámica (Koenigsberger, 1906)

BIBLIOGRAFÍA

- Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education*, 22(9), 2087–2107. DOI: 10.1007/s11191-012-9520-2
- Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Education Teaching*, 37(10), 1057–1095. DOI: 10.1002/1098-2736(200012)37:10<1057::AID-TEA3>3.0.CO;2-C
- Acevedo, J. A., García-Carmona, A., & Aragón, M. M. (2016). Un caso de Historia de la Ciencia para aprender Naturaleza de la Ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación de Las Ciencias*, 13(2), 408–422. DOI: http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.13
- Álvarez-González, E. (2017). *Estudio del marco histórico del primer Principio de la Termodinámica y su aplicación en Educación Secundaria*. Universidad de Granada. Retrieved December 5, 2017, from http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/47217/1/AlvarezGonzalez_DidacticaTermodinamicaTFM.pdf
- Araya, V., Alfaro, M., & Andonegui, M. (2007). Constructivismo: Orígenes Y Perspectivas. *Revista de Educación*, 13, 76–92.
- Astolfi, J. P. (1988). El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *Enseñanza de Las Ciencias*, 6(2), 147–155.

- Ausubel, D. (1976). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas, México: Ed.
- Black, J. (1803). *Lectures on the Elements of Chemistry Delivered in the University of Edinburgh. Volume 2*. Edinburgh.
- Bueno-Pérez F.M.A. & Manzano D. Actas de las Jornadas Virtuales en Didáctica de la Estadística, Probabilidad y Combinatoria, 579-585. Retrieved December 13, 2017, from <https://arxiv.org/abs/1404.1844>
- Campanario, J. M., & Otero, J. C. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje. *Enseñanza de Las Ciencias de Las Ciencias*, 18(2), 155–169.
- Consejería de Educación. (2016). ORDEN de 14 de julio de 2016 por la que se desarrolla el currículo correspondiente al Bachillerato 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 pro. *Boletín Oficial de La Junta de Andalucía*, 145, 220–544.
- Cuaderno de Cultura Científica. (2017). Retrieved May 9, 2017, from <https://cultura-cientifica.com/2017/05/09/los-experimentos-joule/>
- Educación, Cultura y Deporte, M. de. (2015). Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. *Boletín Oficial Del Estado*, (25), 6986–7003.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(23), 8410–8415. DOI 10.1073/pnas.1319030111
- Furió-Gómez, C., Solbes Matarredona, J., & Furió-Más, C. (2006). Análisis crítico de la presentación del tema de Termoquímica en libros de texto de Bachillerato y Universidad. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales Y Sociales*, (20), 47–68.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias*, 6(3), 291–296. Retrieved from
- García Castro, E., Fernández Gómez, P., & Díaz Lavona, 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.
- Hernández González, M., & Prieto Pérez, J. L. (2000). Y EPISTEMOLOGÍA, 18(1), 105–112.

- Jasien, P. G., & Oberem, G. E. (2002). Understanding of Elementary Concepts in Heat and Temperature among College Students and K 12 Teachers. *Journal of Chemical Education*, 7(79), 889–895.
- Jones, B. F., & Idol, L. (1990). *Dimensions of thinking and cognitive instruction*. (B. F. Jones & L. Idol, Eds.). Hillsdale, New Jersey Hove and London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Koenigsberger, L. (1906). *Herman von Helmholtz*. (M. A. Henry Frowde, Ed.). London, Edinburgh, New York and Toronto: University of Oxford.
- Mahmud, M. C., & Gutiérrez, O. A. (2010). Estrategia de Enseñanza Basada en el Cambio Conceptual para la Transformación de Ideas Previas en el Aprendizaje de las Ciencias. *Formación Universitaria*, 3(1). DOI: 10.4067/S0718-50062010000100003
- Matthews, M. (1994). Historia, Filosofía y Enseñanza de las Ciencias: La aproximación actual. *Enseñanza de Las Ciencias*, 12(2), 255–277.
- McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science and Education*, 17(2–3), 249–263. DOI: 10.1007/s11191-007-9081-y
- Ministerio de Educación, C. y D. (2015). Real Decreto 1105/2014. *Boletín Oficial Del Estado*, Sec. I (Num. 3), 169–546.
- Müller, E. A. (2002). *Termodinámica básica*. Medellín: Universidad Pontificia Bolivariana. Retrieved December 14, 2017, from <http://www3.imperial.ac.uk/pls/portallive/docs/1/16075696.PDF>
- Nielsen, H., & Thomsen, P. V. (1990). History and philosophy of science in physics education. *International Journal of Science Education*, 12, 308–316.
- Pessoa de Carvalho, A. M., & Castro, R. S. (1992). La historia de la Ciencia como herramienta para la enseñanza de la física en secundaria: un ejemplo en calor y temperatura. *Enseñanza de Las Ciencias*, 10(3), 289–294. Retrieved from
- Soláz-Portolés, J. J., & Moreno-Cabo, M. (1998). Enseñanza/aprendizaje de la ciencia versus historia de la ciencia. *Educacion Quimica*, 9(2), 80–85.
- Solís, C., & Sellés, M. (2005). *Historia de la Ciencia*. Espasa-Calpe.
- Stinner, A., McMillan, B. A., Metz, D., Jilek, J. M., & Klassen, S. (2003). The renewal of case studies in science education. *Science & Education*, 12(1999), 617–643. DOI: 10.1023/A:1025648616350

Talanquer, V. (2015). La importancia de la evaluación formativa. *Educación Química*, 26(3), 177–179. DOI: 10.1016/j.eq.2015.05.001

Thompson, B. (1798). An Inquiry Concerning the Source of Heat which is Excited by Friction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 88, 80–102.

von Helmholtz, H. (1847). Über die Erhaltung der Kraft, eine physikalische Abhandlung, 72.