

Trabajo cooperativo de formulación de preguntas y evaluación como forma de profundizar en las experiencias prácticas en el laboratorio de Termodinámica

Cooperative question formulation and evaluation as a means toward a deeper insight into the experiments in the Thermodynamics laboratory

Física

JOSÉ MARÍA MIRANDA MUÑOZ

<https://orcid.org/0000-0001-8125-5360>

Universidad de Sevilla, Departamento de Física de la Materia Condensada

jmmiranda@us.es

Resumen. El presente trabajo describe el diseño, implementación y evaluación de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) (Delord, Hamed y otros. 2020) para su aplicación en el *Laboratorio de Termodinámica*, asignatura del segundo año de las titulaciones de Grado en Física, Doble Grado en Física e Ingeniería de Materiales y Doble Grado en Física y Matemáticas. El CIMA persigue promover un aprendizaje colaborativo, así como fomentar la capacidad de los estudiantes para plantear cuestiones a las que necesiten dar respuestas para solucionar un problema dado. Además, la metodología facilita a los estudiantes obtener una idea general de los fenómenos que estudiarán a lo largo del cuatrimestre en el laboratorio. El CIMA se ha diseñado también con el objetivo de fomentar la preparación de las prácticas de forma previa al acceso al laboratorio, lo que se pondrá de manifiesto en el trabajo de formulación de cuestiones. La metodología empleada combina la realización práctica de las experiencias con rondas de pregunta-respuesta que los estudiantes deberán formular, responder y evaluar.

Palabras clave: Termodinámica, grado en física, desarrollo profesional docente, aprendizaje colaborativo, docencia universitaria.

Abstract. Herein, we describe the design, implementation, and evaluation of an Improvement Cycle in Classroom (ICIC) for its application in the Thermodynamics laboratory, a subject scheduled for the second year of the Degree in Physics, Double Degree in Physics and Materials Engineering, as well as the Double Degree in Physics and Mathematics. The ICC is aimed at encouraging collaborative learning, as well as the students' skills regarding the formulation of questions in pursuit of answers for the solution of a specific problem. Implementation of the ICC results in the advantage of allowing the students to gain a general overview of the phenomena they will deal with during the following sessions. The design of the ICC intends encouraging learning about the experiments prior to laboratory access through the formulation of questions regarding these. The methodology consists of a combination of experiment performance and question-answer rounds, which fully relies on their formulation, answering and evaluation by the students.

Keywords: Thermodynamics, degree in physics, professional teaching development, collaborative learning, university teaching.

Introducción

Descripción del contexto

El diseño de un Ciclo de Mejora en el Aula (CIMA) ((Delord, Hamed y otros. 2020) debería partir del conocimiento del contexto en el que se desarrolla la experiencia. Esto incluye la localización de la asignatura dentro de los planes de estudios, así como las características del

grupo en el que se implementa. En este caso, el CIMA se ha implementado en la parte práctica de la asignatura de Termodinámica, de carácter obligatorio, situada en el segundo año de las titulaciones de Grado en Física, Doble Grado en Física e Ingeniería de Materiales y Doble Grado en Física y Matemáticas. En ella se persigue formar a los estudiantes en el estudio experimental y análisis de sistemas físicos a partir de una descripción mediante variables termodinámicas. Asimismo, dichas experiencias se proponen como un complemento a los contenidos impartidos en la parte teórica de la asignatura. Mientras que en cursos académicos anteriores los estudiantes habían trabajado previamente con un sistema termodinámico experimental en el primer curso, esto no es así en el curso 2021/2022. Considerando la experiencia de cursos anteriores, es muy común encontrar una preparación considerablemente escasa de la práctica a realizar por parte de los estudiantes, por lo que estos acceden al laboratorio sin comprender los objetivos de la experiencia, así como su fundamento teórico o en qué consiste el montaje experimental con el que tendrán que trabajar. Además, muy pocos demuestran haber aclarado las ideas, así como haber comprendido la importancia del fenómeno de estudio con la realización de la práctica, lo que manifiestan mediante afirmaciones del tipo *las prácticas de Termodinámica no son más que seguir una receta o las prácticas no son difíciles en sí, pero es cierto que muchas veces no sé qué es lo que estoy haciendo ni por qué*. Uno de los puntos débiles del CIMA anterior aplicado en esta misma asignatura durante el curso académico 2020/2021 fue el hecho de tener que restringir la intervención a apenas dos estudiantes por sesión. En esta ocasión, se ha optado por diseñar un CIMA que permita extender su aplicación al grupo completo presente en el laboratorio (en torno a 20 estudiantes por sesión), omitiendo además elementos que no funcionaron por completo en el CIMA anterior, tales como un juego de roles o la realización de una hoja de actividades como preparación de la práctica. Esta vez se presenta una propuesta dinámica en la que son los propios estudiantes los que ponen a prueba y evalúan los conocimientos de sus compañeros, fomentándose así una interacción continua.

Bases del CIMA

En el diseño de este CIMA se buscó centrar la atención en el trabajo en equipo o colaborativo, de manera que los estudiantes pudieran adquirir una base para el desarrollo de las experiencias durante el periodo que abarca la parte práctica de la asignatura. Un trabajo de este tipo facilita un proceso de aprendizaje que puede resultar más provechoso para los estudiantes que de forma individual (Guitert y Jiménez, 2000), promoviendo la modificación de concepciones previas y generación de otras nuevas, como resultado de la interacción entre los propios estudiantes (Finkel, 2008). En la dinámica planteada, además, no cuentan con un docente que evalúe sus intervenciones, sino que son los propios compañeros los que cumplen con este papel, propiciando un ambiente más distendido y, sobre todo, mayor motivación, así como capacidad de decisión (Lagarón, 2017). Además, los estudiantes evaluados también tienen la oportunidad de hacer lo mismo con sus compañeros, contando de esta manera todos con el mismo nivel de responsabilidad. De hecho, aunque el CIMA plantee la formación de equipos, principalmente con el propósito de fomentar, entre otros aspectos, el sentido de responsabilidad con el resto de miembros del mismo equipo (Finkel, 2008), en el fondo se trata de una actividad de grupo completo. Esto se debe al hecho de que, mediante la alternancia de roles, todos los estudiantes acaban desempeñando los distintos papeles y pueden beneficiarse por igual de ella.

Diseño del ciclo de mejora

Objetivos y mapa de contenidos

La implementación del CIMA se planteó para 10 horas, abarcando para ello cuatro sesiones de laboratorio de 2.5 horas cada una (una sesión por grupo). Se intentó que dichas sesiones estuvieran entre las primeras de los grupos con los que se trabajaría. El propósito de esto es que

los estudiantes pudieran obtener una idea general de los fenómenos que estudiarían durante esta parte de la asignatura y fueran capaces de relacionarlos con el montaje experimental correspondiente que emplearían para ello. Partiendo de la experiencia de que al transcurrir la asignatura van reconociendo el montaje que corresponde a cada práctica y muestran menos dificultades en su desarrollo debido a conversaciones y consejos entre ellas y ellos, obtener una visión general y tangible de todo lo que tienen que hacer puede resultar ventajoso. Además, lo harían de la mano de sus compañeros y compañeras, a partir de la reflexión propia y la documentación acerca de fenómenos que aún no han visto en la parte teórica, minimizando la interferencia del docente y destacando su papel como guía (Bain, 2007). Teniendo en cuenta que cada grupo consta de unos 20 estudiantes y el CIMA se plantea para una sesión con cuatro grupos distintos, podemos aproximar a 80 el número de estudiantes que participaron en la propuesta.

Este CIMA persigue la consecución de dos objetivos principales:

- Fomentar la comprensión de los contenidos de la propia experiencia de laboratorio.
- Propiciar el interés en los fenómenos estudiados en otras prácticas desde una perspectiva conceptual, procedimental y aplicada.

Puesto que se propuso un CIMA cuya implementación se basaba en la interacción entre los estudiantes del grupo, se pretendía poner a prueba la capacidad de reflexión y creatividad de estos a la hora de elaborar preguntas interesantes de corte científico, si bien la valoración de la calidad de las cuestiones se escapa del objetivo de este trabajo. Asimismo, aunque no se contempla como objetivo, se esperaba que la aplicación del CIMA transmitiera a los estudiantes la importancia de la preparación previa de las experiencias, así como de comprender por qué forman parte de la disciplina.

En el mapa de contenidos de la figura 1 se recogen los distintos tipos de contenidos sobre los que se planeó inicialmente incidir con este CIMA. En dicho mapa se muestra la Termodinámica como una rama de la Física que se centra el estudio de sistemas y fenómenos físicos con unas ciertas características. De esta deriva una serie de experiencias que permiten poner de manifiesto distintos aspectos de dicha disciplina y se agrupan según criterios de similitud en categorías. Cada práctica lleva asociada unas cuestiones de carácter cotidiano, planteadas como preguntas clave que pueden ser respondidas tras la realización de esta.

Modelo metodológico posible y secuencia de actividades

Debido al papel fundamental de la motivación en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Marchesi, 2004), en un intento de incentivar esta, así como el interés de los estudiantes a la hora de trabajar los contenidos propuestos, el CIMA se ha planteado desde una perspectiva competitiva y colaborativa. Los componentes del grupo se organizaron por equipos de cuatro a seis componentes, según la práctica a realizar en la sesión. Dentro de un mismo equipo debían colaborar para la elaboración de una serie de preguntas a las que recurrirían para obtener puntos como equipo. La consecución de los objetivos planificados se pretendía por tanto mediante el trabajo en equipo, el trabajo de preparación previa al acceso al laboratorio y la búsqueda adecuada de información.

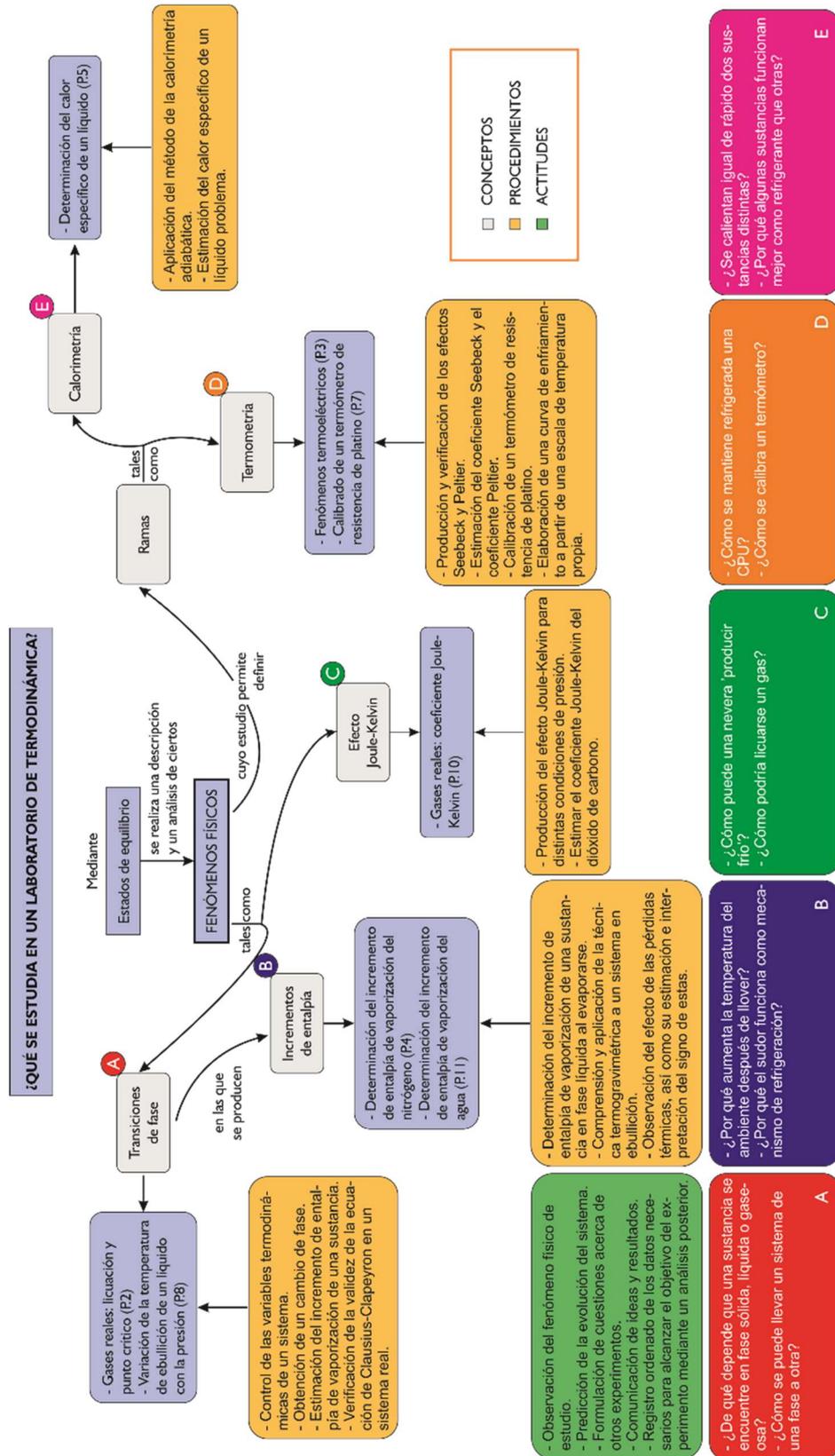


Figura 1. Mapa de los contenidos trabajados con la implementación del CIMA. El mapa muestra contenidos relativos a los experimentos disponibles en el laboratorio. Se incluyen preguntas clave referidas a fenómenos cotidianos a las que se podría dar respuesta tras la realización y comprensión del experimento.

La figura 2 muestra un esquema del tipo de actividades que se siguió de forma general. Previamente a la sesión en la que se implementó el CIMA, se organizó una sesión presencial o virtual con los estudiantes en la que les presenté y contextualicé el proyecto, y les propuse una actividad de diagnóstico de ideas previas (ADIP) en forma de cuestionario virtual. Esta actividad resulta de especial relevancia si se tiene en cuenta la importancia de las concepciones previas en el proceso de aprendizaje, ya que estas forman esquemas conceptuales en la mente de los estudiantes que influyen de forma decisiva en la adquisición y asimilación de nuevos conocimientos (Ausubel, Novak, & Hanesian, 1983; Driver, 1986). Aunque se cuenta con distintos instrumentos para realizar diagnósticos de este tipo (mapas conceptuales, lluvias de ideas, entrevistas clínicas, entre otros) (Cubero, 1989; Carrascosa, 2005), aquí opté por recurrir a un cuestionario por ser el más pertinente, debido a la falta de experiencia en el uso de otros instrumentos. Además, en el CIMA anterior ya había implementado esta herramienta con este propósito. Asimismo, una de las ventajas de este instrumento reside en la posibilidad de obtener resultados cuantitativos generales de un número mayor de estudiantes con un único modelo de cuestionario (Carrascosa, 2005), reduciendo así el tiempo que el docente debe destinar a esta actividad. Una vez en el laboratorio planteé para comenzar una Actividad de Presentación de las Experiencias (APE) mediante la que se pretendía lograr una comprensión general del sentido de cada experiencia, es decir, conocer cuál es el objetivo de cada una. A partir de este momento los estudiantes comenzaban la Actividad de Realización de la Experiencia (ARE), que se alternaba con el planteamiento de preguntas entre los equipos a las que debía dar respuesta el equipo correspondiente, denominada aquí Actividad de Pregunta-Respuesta (APR). Por último, se planteó una Actividad de Síntesis (AS) en la que se aprovechó para resolver las dudas que hubieran podido quedar sin resolver mediante las intervenciones de los estudiantes. Una vez finalizada la sesión, a los estudiantes se les pasó el mismo cuestionario que habían rellenado en la ADIP como Actividad de Diagnóstico de las Ideas Finales (ADIF) con el propósito de cuantificar la evolución de sus modelos mentales a partir de la comparación de sus respuestas con las correspondientes al cuestionario inicial.

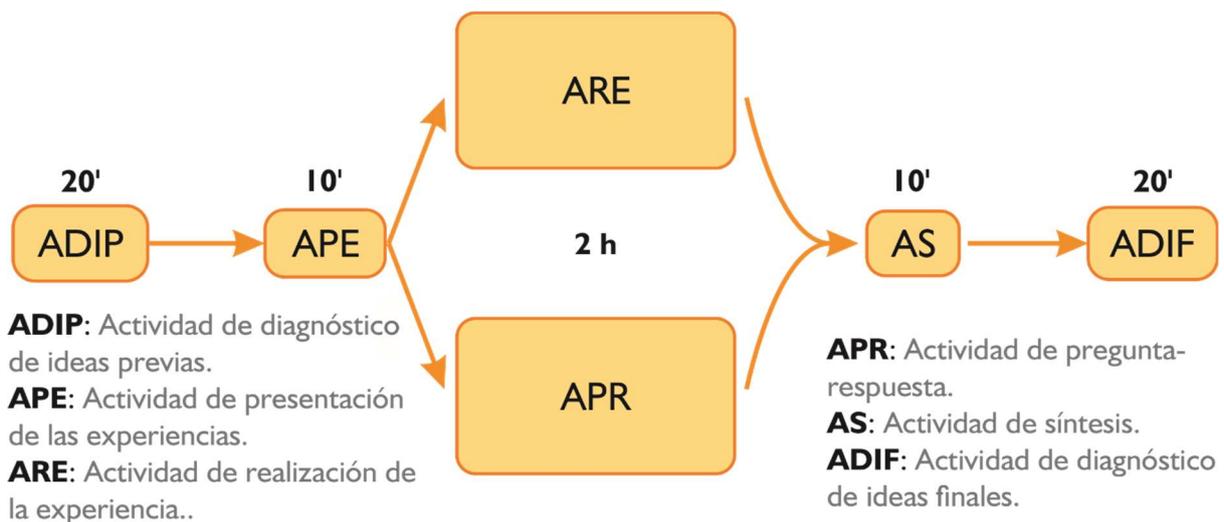


Figura 2. Esquema del enfoque didáctico planteado para la implementación del CIMA. El tamaño de cada rectángulo es proporcional al tiempo aproximado que se dedicará a cada tipo de actividad.

En las siguientes fichas se muestra la secuencia de actividades planificada.

Tabla 1. Secuencia de actividades planificadas para la implementación de cada sesión del CIMA

-	A1: Introducción	10'
	Se organiza una sesión presencial o virtual con los estudiantes del grupo en la que se les comenta cómo y por qué la dinámica de la sesión será diferente. Además, se les especifican los objetivos que se persiguen con la aplicación del CIMA, por lo que se les pide que se involucren lo máximo posible. Se les explica que se les distribuirá por grupos en función de la práctica que tengan que realizar en la primera sesión. En concreto, se formarán cuatro equipos: 1. Transición de fase (prácticas 2 y 8); 2. Incremento de entalpía (prácticas 4 y 11); 3. Termometría y calorimetría (prácticas 3, 5 y 7); 4. Joule-Kelvin (práctica 10). Cada equipo debe preparar, como mínimo, una pregunta para cada una de las prácticas que no va a realizar ese día y, de estas, al menos una debe ser de teoría (conceptual), una experimental (procedimental) y una de aplicación (actitudinal). Además, dichas preguntas deben ir acompañadas de la respuesta, ya que son los estudiantes los que evaluarán las respuestas del resto de los equipos. Se les proporciona también una serie de videos a través de la Enseñanza Virtual en los que se explican los procedimientos para cada práctica. Los estudiantes poseen, además, un boletín de la parte práctica de la asignatura en el que encuentran la información teórica más relevante para el experimento, así como los procedimientos detallados. Se les recomienda que hagan uso de este material para elaborar las preguntas, de forma que, en cierto modo, estén trabajando en la preparación de las experiencias de forma previa al acceso al laboratorio. Una vez formados los equipos, se habilita un espacio en la Enseñanza Virtual para que puedan trabajar y subir las preguntas para su revisión por el profesor. Podrán subir las preguntas hasta el día anterior a la sesión.	
RECURSOS	Plataforma de la Enseñanza Virtual de la Universidad de Sevilla, Blackboard Collaborate, vídeos con los procedimientos de las experiencias y boletín de prácticas.	
FINALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Presentar el CIMA y formar los equipos de trabajo. 	
ADIP	A2: Cuestionario de diagnóstico inicial	20-30'
	Se envía a los estudiantes un enlace para acceder al cuestionario de ideas previas, que rellenan de manera virtual	
RECURSOS	Herramienta Google Forms.	
FINALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Diagnosticar concepciones de los estudiantes sobre los contenidos a tratar durante el CIMA. 	
APE	A3: Bienvenida al laboratorio	10'
	Se les explica a los estudiantes los detalles de la dinámica de la sesión.	
RECURSOS	-	
FINALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> • Explicar al grupo la dinámica de la sesión. 	
APE	A4: Presentación de las prácticas	10'
	Cada grupo de estudiantes en una práctica explica de forma breve (a ser posible, una frase) al resto de sus compañeras y compañeros el objetivo del experimento que va a realizar, así como una breve descripción del montaje experimental si lo desea (opcional). En concreto, en la reunión previa a la sesión, se les propone que intenten resumir el objetivo de la práctica a realizar como si fuera un Tweet de cara a presentarlo al resto de compañeros y compañeras en la sesión práctica.	
RECURSOS	-	
FINALIDAD	<p>Los objetivos perseguidos con esta actividad son varios:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtener por parte de los estudiantes una idea general de los experimentos que se encuentran disponibles en el laboratorio y que realizarán a lo largo de la asignatura. 	

	<ul style="list-style-type: none"> Lograr una comprensión de la importancia de los experimentos en la disciplina. 	
ARE	A5.1: Realización de la práctica	~ 2 h
Los estudiantes comienzan a trabajar en la realización de las experiencias.		
RECURSOS	Montajes experimentales de cada práctica.	
FINALIDAD	<p>Los objetivos perseguidos con esta actividad son varios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Realizar una experiencia de laboratorio relacionada con la Termodinámica. Poner en práctica el manejo de distintos instrumentos para el control de variables termodinámicas. Comprender fenómenos termodinámicos y extraer datos, así como conclusiones de la experimentación. 	
APR	A5.2: Rondas de pregunta-respuesta	~ 2 h
<p>Durante el tiempo que los estudiantes realizan las prácticas, el profesor realiza incisos para comenzar una ronda de preguntas-respuesta. Se procede de la siguiente manera:</p> <p>En algún momento durante la realización de la práctica se avisará de que es el momento de una ronda. Cada equipo dispone de un dado para determinar a qué grupo preguntará. El equipo correspondiente realiza una pregunta de las que lleve preparadas acerca de alguna de las prácticas correspondientes al grupo al que pregunta. En función de la respuesta se pueden obtener puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Si el equipo responde correctamente: obtiene 1 punto. - Si la respuesta no está completa: el equipo que responde y el que pregunta obtienen 0.5 punto cada uno. - Si la respuesta es incorrecta: el grupo que pregunta obtiene 1 punto. <p>La validez de la respuesta será valorada por el propio equipo que pregunta, generando una discusión con el resto de los compañeros y compañeras en caso de que existiera alguna discrepancia. Si fuera necesario, el profesor puede intervenir aquí. Acto seguido, el equipo que ha respondido será el siguiente en preguntar y lanzará el dado para determinar el grupo al que preguntará. Cada ronda de preguntas constará de dos o tres preguntas en total, en función del ritmo de avance de los estudiantes.</p> <p>Las rondas de preguntas finalizarán cuando se haya realizado una pregunta por práctica, cuando finalice el tiempo de la sesión o cuando el primer grupo finalice su práctica.</p>		
RECURSOS	Preguntas elaboradas por los estudiantes, pizarra, dados de gomaespuma.	
FINALIDAD	<p>Los objetivos perseguidos con esta actividad son varios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Poner a prueba los conocimientos de los estudiantes sobre las experiencias que están realizando, así como sobre otras. Evaluar la capacidad de los estudiantes para elaborar cuestiones de corte científico acerca de experimentos relacionados con la Termodinámica. Fomentar una comprensión general de los fenómenos a estudiar en el laboratorio, así como de la realización de las prácticas. 	
AS	A6: Resolución de dudas	10' máx.
Antes de concluir la sesión, el profesor resuelve las dudas que hayan podido surgir o que no hayan quedado resueltas con las respuestas de los estudiantes.		
RECURSOS	-	
FINALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Resolver cuestiones que hayan quedado sin resolver. 	
ADIF	A7: Cuestionario de diagnóstico final	20'
El profesor proporciona a los estudiantes el mismo cuestionario que en la actividad A2 para que los rellenen antes de abandonar el laboratorio. En este cuestionario se incluyen algunas		

preguntas adicionales, relacionadas con la opinión del estudiante acerca de la metodología empleada.	
RECURSOS	Código QR para acceder al cuestionario desde sus dispositivos móviles.
FINALIDAD	Los objetivos perseguidos con esta actividad son varios: <ul style="list-style-type: none"> • Comprobar la evolución las concepciones de los estudiantes al finalizar la intervención. • Identificar qué contenidos se han asimilado mejor y cuáles peor.

Preguntas para los cuestionarios inicial y final

A continuación, se muestra una relación de cuestiones que componían la prueba de diagnóstico inicial, así como final. Cada pregunta corresponde a una práctica distinta. Asimismo, se pretendía recopilar información de los modelos mentales de los estudiantes relativos a aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

- Pregunta 1: Si se aumenta la presión de un recinto que contiene un gas, este gas podrá licuar (pasar a fase líquida):
 - a. Siempre.
 - b. Nunca.
 - c. Depende de la temperatura.
- Pregunta 2: ¿Cómo crees que se mantiene refrigerada la CPU de un ordenador? Explica brevemente lo que sepas al respecto.
- Pregunta 3: Se tiene un recinto con nitrógeno líquido en contacto con el ambiente, por lo que se encuentra en ebullición constante. ¿Cómo podrías determinar la cantidad de masa de nitrógeno líquido evaporada por unidad de tiempo?
- Pregunta 4: ¿Por qué un litro de agua se calienta más lentamente que un litro de glicerina? Justifica tu respuesta.
- Pregunta 5: Un termómetro de mercurio se basa en la variación de la longitud de una columna de mercurio para determinar la temperatura de un sistema con el que se pone en contacto. En este caso, se dice que la longitud de la columna de mercurio es una *propiedad termométrica*. ¿Qué otras propiedades termométricas conoces? Mencionalas.
- Pregunta 6: ¿Dónde tardaría más en cocerse una patata, en lo alto de una montaña a 3000 m de altura o a nivel del mar? Justifica tu respuesta.
- Pregunta 7: Un gas en un recinto a una presión dada se expande al pasar a otro recinto con una presión menor, haciendo que se enfríe. Si Δp y ΔT son la diferencia de presión y de temperatura entre los recintos, se cumple la relación $\Delta p = \mu_{JK} \Delta T$. Explica brevemente qué medidas necesitarías realizar y cómo analizarías los datos para extraer el coeficiente μ_{JK} .
- Pregunta 8: ¿Por qué el sudor funciona como estrategia para refrigerar el cuerpo? Explícalo brevemente.

El cuestionario final contenía además tres cuestiones adicionales con el propósito de conocer la opinión de los estudiantes con respecto a la metodología empleada. En concreto:

- Pregunta 9: Califica del 1 al 5 tu grado de satisfacción con la experiencia en la sesión de hoy, donde 1 es 'pésima' y 5 'excelente'.
- Pregunta 10: ¿Te gustaría trabajar en las prácticas con metodologías que incluyan actividades del tipo que has experimentado hoy? Justifica tu respuesta.
- Pregunta 11: ¿Y en otras asignaturas? ¿Te gustaría que se aplicaran metodologías distintas a las que estás acostumbrada/o? Explica brevemente por qué.

Aplicación del ciclo de mejora

Relato de las sesiones

Aunque el comienzo de la aplicación del CIMA estuvo marcado por cambios de fechas de última hora, los estudiantes se adaptaron adecuadamente, sobre todo teniendo en cuenta que contaron con una semana más de lo planificado para preparar el material. Tras finalizar la actividad A4 y comenzar con la A5.2, fui consciente de que tenía que modificar la metodología. Los estudiantes se centraron en realizar las prácticas y no era recomendable detener el trabajo del grupo completo para resolver las preguntas. Es por ello que decidí continuar con la metodología entre los grupos de trabajo que se preguntaban y respondían, a riesgo de no conseguir que el grupo de laboratorio completo adquiriera conocimientos más profundos del resto de prácticas. No obstante, esto permitió realizar más rondas de pregunta-respuesta, lo que dinamizó la sesión considerablemente, como muchos estudiantes dejaron por escrito en el cuestionario final. En efecto, la implicación y el nivel de participación de los estudiantes en la actividad fueron elevados, hasta el punto de preguntar si tendríamos más sesiones con metodologías de este tipo.

El día anterior a la segunda sesión consideré descartar la aplicación del CIMA en esta, ya que solo 6 de los 18 estudiantes del grupo me habían compartido de forma previa sus preguntas, como les pedí. Sin embargo, al llegar al laboratorio me informaron de que muchos de ellos habían elaborado su pregunta, pero no la habían compartido en el espacio virtual que acordamos. Decidí confiar en que las preguntas eran adecuadas, a pesar de no haber podido revisarlas, e implementé el CIMA. La actividad transcurrió sin dificultades e incluso algún estudiante que no había preparado ninguna pregunta me propuso elaborar algunas en el momento para que las revisara y así poder participar también preguntando. A pesar de todo, noté que la dinámica no tuvo la energía de la primera sesión, lo que atribuí en gran parte a que se desarrolló a primera hora del día.

En la tercera sesión, el grupo pareció involucrarse de manera destacable. En los días anteriores, recibí una gran cantidad de mensajes de correo electrónico en los que preguntaban sus dudas acerca de la práctica asignada para el día del laboratorio, algo que no me había ocurrido previamente en todos los años que llevo impartiendo la asignatura. Como consecuencia, los estudiantes llevaron interiorizadas sus prácticas al laboratorio, lo que demostraron a través de respuestas bastante completas a las cuestiones planteadas por los compañeros. Con frecuencia me preguntaban que cuándo sería su turno para proponer una cuestión a otro grupo e incluso, una vez que habían hecho su pregunta a un grupo, elaboraban otra para poder seguir participando mediante la evaluación de sus compañeros.

La cuarta y última sesión transcurrió sin novedades ni dificultades, de forma muy parecida a la segunda. El grupo participó, pero no resultó estar tan motivado como había observado en la primera y la tercera.

Evaluación del aprendizaje

Los cuestionarios iniciales y finales se emplearon como herramienta para evaluar el aprendizaje de los estudiantes en la aplicación del CIMA. Para realizar este análisis se recurrió a la elaboración de escaleras de aprendizaje, como en la experiencia anterior. En total se elaboraron ocho escaleras, una por cada pregunta que componía el cuestionario, aunque solo se muestran dos de ellas por cuestión de espacio (ver figura 3). Las escaleras mostradas se han elegido por pertenecer a dos situaciones distintas; una en la que aumentó la fracción de estudiantes que alcanzó el último escalón como consecuencia de la experiencia, figura 3(a), y otra en la que, si bien no se modificó dicha fracción, sí que globalmente se observó una subida a niveles superiores, figura 3(b).

En vista de los resultados que proporciona el análisis de cuestionarios, me gustaría remarcar la importancia que ha tenido el cambio de última hora de la metodología en la consecución de los objetivos del CIMA. Puesto que el plan inicial contemplaba realizar y responder las cuestiones de forma común para que todos los estudiantes pudieran aprender algo acerca de todas las prácticas, la transición a una metodología en la que esto se realizaba entre grupos tuvo como consecuencia que cada estudiante aprendiera sobre todo acerca de la propia práctica y de aquella para la que había formulado alguna cuestión. Esto, sumado al hecho de que no era posible predecir el tipo de preguntas que propondrían, hizo que el cuestionario no fuera la mejor herramienta para evaluar el aprendizaje alcanzado. Para la elaboración de estos fue necesario intentar predecir las preguntas que prepararían los estudiantes y, a pesar de intentar guiarlos con indicaciones, no fue posible que sus cuestiones estuvieran relacionadas siempre con aquellas planteadas en los cuestionarios. Si los cuestionarios se hubieran centrado en la propia práctica de cada estudiante, estoy convencido de que la mejora habría sido considerablemente más significativa, como pude deducir a partir de mis observaciones en las sesiones.

Al margen de esto, el grado de satisfacción de los estudiantes con la experiencia ha sido elevado, calificándola en promedio con 4.7 sobre 5 puntos. La gran mayoría coincide en que la metodología empleada ayuda a dinamizar la sesión de laboratorio, lo que agradecen, en sus palabras, *en algunas prácticas de esta asignatura en las que hay que esperar mucho tiempo entre las mediciones*. De la misma manera, muchos de ellos inciden en que una metodología como la empleada *incentiva a entender lo que se está haciendo, obliga a preparar la práctica con anterioridad o ayuda a aprender más de la propia práctica y de las de los compañeros*.

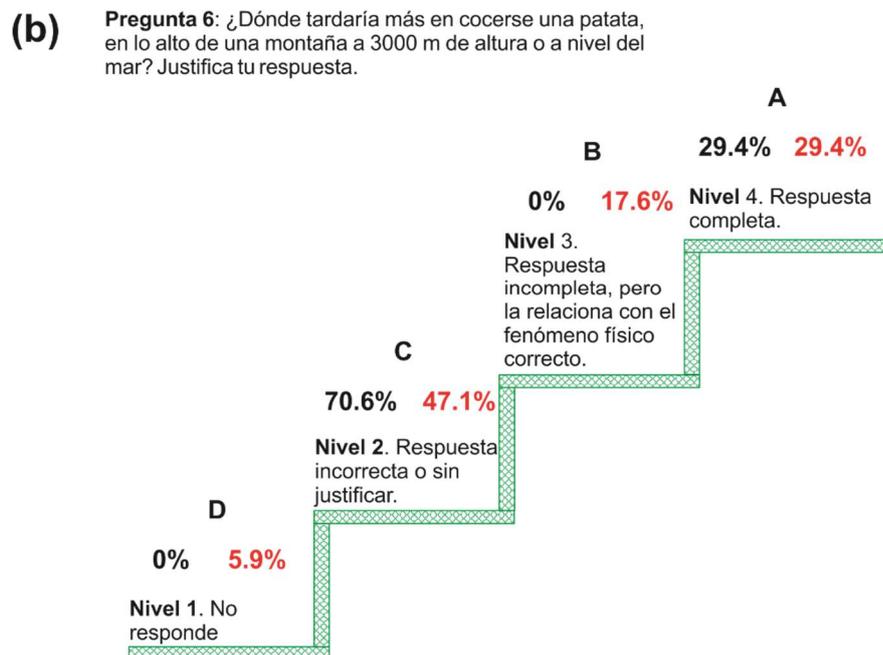
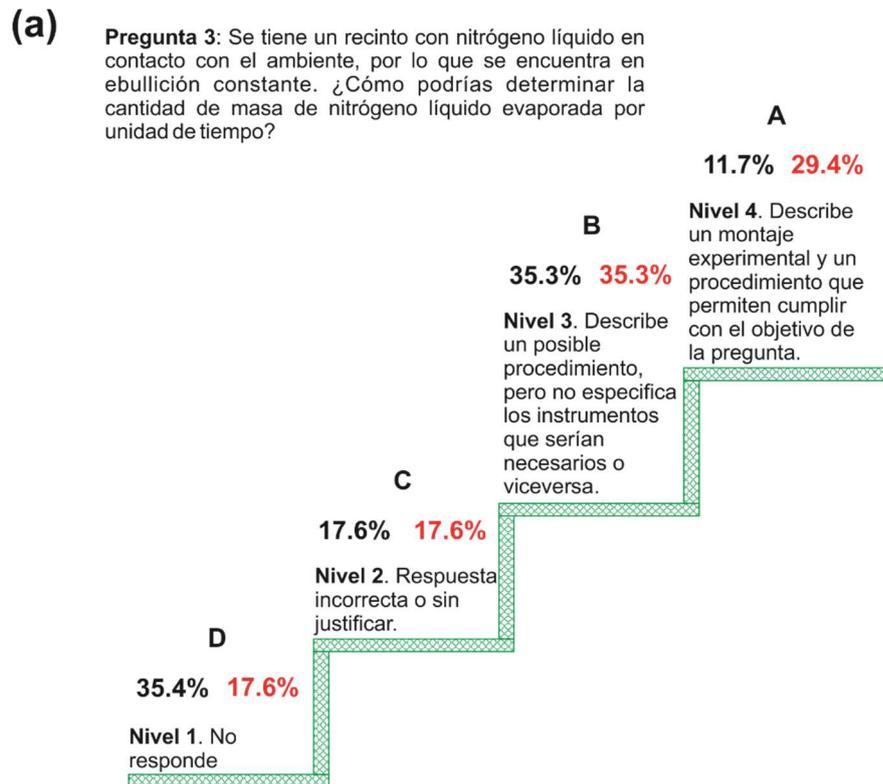


Figura 3. Escaleras de aprendizaje para la (a) pregunta 3, de tipo procedimental, y la (b) pregunta 6, de tipo conceptual. Los porcentajes en color negro y rojo corresponden a las respuestas al cuestionario inicial y final, respectivamente.

Cabe destacar el caso de una estudiante que afirmó que, si bien la dinámica le resultó interesante, el sistema de puntuación le parecía innecesario. Tras la experiencia, todos los estudiantes que respondieron al cuestionario afirmaron que sería de agradecer implementar metodologías distintas a las tradicionales en el resto de las asignaturas, ya que creen necesario *incrementar*

la participación de los estudiantes y la interacción docente-estudiante, que las clases no sean un monólogo constante por parte del profesor, y no quieren ser meros espectadores, así como que de vez en cuando [las metodologías alternativas] ayudan a salir de la rutina y conectar con los contenidos de la asignatura, lo que me pareció especialmente relevante, ya que esto es un indicador de que los estudiantes se pueden sentir desconectados con respecto a la asignatura que están estudiando.

Evaluación del CIMA

Aspectos a mantener y cambios a introducir

A pesar de las deficiencias comentadas, derivadas de los cambios en la metodología durante el desarrollo de la primera sesión, mi grado de satisfacción con la implementación y resultado del CIMA es alto. En efecto, por lo general, el ambiente durante las sesiones resultó muy agradable y, sobre todo, divertido. Los estudiantes se motivaban al ver los materiales y al conocer la dinámica de la actividad. A pesar de la preocupación inicial de considerar arriesgada una propuesta que no podría realizarse sin el trabajo previo de ellos, y que fuera a nivel de grupo completo y no de una pareja de prácticas individual como en el CIMA anterior, el resultado ha sido muy positivo y prometedor de cara a futuros diseños. Aunque el nivel de involucración depende del grupo en concreto, por lo general ha sido mucho mayor de lo esperado. Algunos estudiantes incluso me agradecieron en el cuestionario final que les hubiera escogido para llevar a cabo un proyecto como este y por proporcionales una experiencia diferente en el aula.

Aun así, considero que hay aspectos relevantes de la experiencia a modificar. No creo que el prediseño resultara ambicioso, pero sí fue arriesgado proponer una actividad de grupo completo sin poseer experiencia previa en el manejo de grupos completos en actividades de este tipo. En el futuro sería recomendable planificar la actividad de forma que permitiera, como se planteó al comienzo, que todo el grupo pudieran escuchar las preguntas y respuestas. Sin embargo, esto supone detener la realización de sus prácticas continuamente, lo que no es posible en muchos casos. Si se pudiera realizar de esta manera los estudiantes podrían adquirir conocimientos acerca de todos los fenómenos que se están estudiando en el laboratorio y no únicamente de su práctica y de aquella para la que elaboran una cuestión.

En resumen, se puede decir que el trabajo previo de los estudiantes y la realización de este de forma colaborativa son elementos que mantener en futuros diseños. La percepción del laboratorio como grupo de trabajo formado por subgrupos fue muy positiva, ya que comprendían en general la importancia de su trabajo para el resto del grupo y la actividad y se motivaban entre ellos. El empleo de materiales vistosos (dados grandes de gomaespuma), un sistema de puntuación y una recompensa fueron elementos clave para captar su atención y mantenerlos motivados. Por el contrario, resulta fundamental desarrollar alguna estrategia que permita que todos los estudiantes se enriquezcan por igual de la experiencia. Además, algo en lo que pensé y no llegué a incluir por falta de ideas fue emplear algún tipo de herramienta digital que les permitiera llevar un seguimiento del avance de la actividad, ya que, al estar centrados en sus experimentos, pocas veces miraban la pizarra para comprobar el estado de las puntuaciones. Sería interesante conseguir alguna aplicación que pudieran instalar en sus dispositivos móviles y que les permitiera poseer dicha información a mano en todo momento y, así como para avisarles cuando hubieran sido elegidos para recibir una pregunta por parte de otro grupo.

Aspectos a incorporar a la docencia habitual

Creo que lo más importante en estas sesiones de prácticas es *mantener a los estudiantes conectados con los contenidos que están trabajando*. Es fundamental que conozcan la razón por la que proceden de la manera en que lo hacen y, sobre todo, que conozcan la utilidad y el interés del fenómeno que estudian. Por ello, aunque organizar experiencias de este tipo en todas

las sesiones puede resultar en una cierta carga de trabajo para ellos, sí que puede ser beneficioso que el profesor se encargue de hacerles por parejas durante la realización de las prácticas preguntas clave para comprender los puntos mencionados. Estoy convencido de que podría ser muy positivo también idear actividades de tipo colaborativo, en vistas de los resultados de la experiencia, aunque sería recomendable que estas variaran de sesión a sesión.

Principios docentes que han guiado la experiencia

Como se comentó al presentar los puntos que han motivado este CIMA, *las sesiones de laboratorio resultan más enriquecedoras para los estudiantes si son capaces de relacionar el experimento con los conceptos que se hallan detrás de él y, sobre todo, la importancia del fenómeno que estudian*. Si, además, estas permiten promover el trabajo colaborativo, la experiencia suele ser más provechosa para los estudiantes, como he observado. Por último, algo que los estudiantes piden, como han demostrado sus comentarios en los cuestionarios, es una mayor interacción estudiante-docente. Aunque con la aplicación de este CIMA me he centrado más en promover el punto anterior, el trabajo colaborativo y la interacción entre ellos, minimizando la intervención del docente, sí que ha resultado inevitable que la relación conmigo haya sido distinta, ya que he permanecido guiándolos, de forma virtual al principio, revisando y corrigiendo sus preguntas, así como presencialmente durante la sesión, donde, entre otras cosas, discutíamos la validez de las respuestas y resolvíamos dudas que iban surgiendo.

Referencias bibliográficas

- Ausubel, D. P., Novak, J. D., y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Bain, K. (2007). *Lo que hacen los mejores profesores de Universidad*. Publicacions de la Universitat de València.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183-208.
- Cubero, R. (1989). *Como trabajar con las ideas de los alumnos*. Díada Editora.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias*, 4(1), 13-15.
- Finkel, D. (2008). *Dar clase con la boca cerrada*. Publicacions de la Universitat de València.
- Delord, G.; Hamed, S.; Porlán, R. y De Alba, N. (2020). Los Ciclos de Mejora en el Aula. En N. De Alba y R. Porlán (Coords.), *Docentes universitarios. Una formación centrada en la práctica* (pp. 128-162). Ediciones Morata.
- Guitert, M., y Jiménez, F. (2000). Aprender a colaborar. En A. Campiglio, y R. Rizzi, *Cooperar en clase: Ideas e instrumentos para trabajar en el aula*. M.C.E.P.
- Lagarón, D. C. (2017). De la moda de “aprender indagando” a la indagación para modelizar: una reflexión crítica.
- Marchesi, Á. (2004). *Qué será de nosotros, los malos alumnos*. Alianza.