

Estudio de la Interdisciplinariedad de las Asignaturas de Física Aplicada y Físicoquímica del Grado en Farmacia

Study of the Interdisciplinarity of the Subjects of Applied Physics and Physical Chemistry of the Pharmacy Degree

Elia María Grueso Molina. *Universidad de Sevilla (España)*

Fecha recepción: 23/12/2014 - Fecha aceptación: 18/03/2015

RESUMEN

A pesar de que en la asignatura de Física Aplicada se trabajan los contenidos necesarios para la comprensión y la asimilación completa del temario de Físicoquímica, se han encontrado fuertes deficiencias en la asimilación de los contenidos y en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Con el objetivo de solventar estas deficiencias, se ha desarrollado y puesto a punto un simple procedimiento para valorar el grado de interdisciplinariedad entre las dos asignaturas. Para evaluar el grado de asimilación de los contenidos de Física, directamente relacionados con la Físicoquímica, se emplearon idénticos cuestionarios iniciales y finales a la práctica docente que fueron diseñados en base a problemas y/o preguntas clave trabajadas en clase. Los resultados fueron clasificados en distintos modelos, y representados, de acuerdo con su complejidad, en escaleras de aprendizaje. El análisis de los resultados obtenidos, en los cuestionarios inicial y final, muestra que es factible evaluar el grado de interdisciplinariedad entre las asignaturas, comparando las capacidades de los alumnos y los conceptos asimilados antes y después de la práctica docente. Para lograr un aprendizaje significativo en los alumnos, parece necesario incluir un tema de repaso de los conceptos de la Física Aplicada, directamente relacionados con la Termodinámica, junto con actividades docentes dirigidas que proporcionen apoyo a los estudiantes.

PALABRAS CLAVE

Interdisciplinariedad, Física Aplicada, Físicoquímica, cuestionarios, evaluación.

ABSTRACT

Despite all the contents necessary for the understanding and the assimilation of the Physical Chemistry curriculum are worked in Physics Applied, it have been detected clearly deficiencies in the teaching-learning process. With the aim of solving these deficiencies, it have been developed a simple procedure to assess the interdisciplinary degree between the both subjects. In order to evaluate the degree of assimilation of the Physics Applied contents, directly related to the Physical Chemistry, it have been employed identical initial and final questionnaires to the teaching practice which have been designed on the basis of problems and/or key questions worked in class. The results were classified in diverse models, and were represented, according to their complexity, in stairs of learning. The analysis of the obtained results, in the initial and final questionnaires, shows that it is possible, comparing the alums capacities and the assimilated contents before and after the teaching practice, to evaluate the degree of interdisciplinary between the both subjects. In order to achieve a meaningful learning of the students, it seems necessary to include a revision issue of the Applied Physics concepts, directly related with the thermodynamic, together with teacher-directed activities that provide learning support for the students.

KEYWORDS

Interdisciplinarity, Applied Physics, Physical Chemistry, questionnaires, evaluation.

1. INTRODUCCIÓN

Durante décadas la carga del proceso de enseñanza-aprendizaje ha recaído en el profesor, cuyo objetivo primordial ha sido la mera transmisión del conocimiento en un tiempo establecido (García Magna et. al., 2011, p. 383). La reforma educativa planteada en el Espacio Europeo de Educación Superior, (EEES), ha propiciado una reflexión profunda sobre la metodología docente y la relación de esta con los objetivos y contenidos.

En el momento de establecer una metodología docente no debe pasarse por alto que la implantación del EEES ha modificado el tradicional sistema docente, basado casi exclusivamente en las clases magistrales, para enfocarse en un sistema que evalúa el trabajo del alumno, y en el que la “carga” lectiva de una asignatura deja de medirse por el número de horas de clases presenciales. Este cambio de enfoque ha supuesto una disminución de las horas dedicadas a las clases magistrales y un mayor protagonismo del alumno en las aulas. Así, la planificación didáctica del profesor requiere exponer secuencialmente todo el conjunto de actividades y tareas a realizar para dirigir el aprendizaje de los alumnos (Díaz et. al., 2005).

Los recientes cambios en el planteamiento metodológico inducen a una reflexión sobre los objetivos generales de la enseñanza universitaria. Algunos de los objetivos que ya señalaba Ortega y Gasset (1975) eran: “la Investigación científica y la educación de nuevos hombres de la ciencia”. Esta idea de la educación de nuevos hombres de la ciencia conecta con el concepto de aprendizaje significativo. Según Ausubel (1983), el aprendizaje es significativo cuando los estudiantes logran relacionar, de modo no arbitrario y sustancial, los contenidos con lo que ya saben inicialmente. Así, en el proceso de asimilación de los contenidos, las ideas previas existentes en la estructura cognitiva se modifican adquiriendo nuevos significados. En relación con ello, numerosos estudios han demostrado que el conocimiento de las

ideas previas de los alumnos, también llamadas concepciones alternativas, es fundamental para que estos reconstruyan y reestructuren sus conocimientos (Bello, 2004, p. 210; Caballer, et. al. 2000, p.172; Guillen Soler, 2000, p.35). Sin embargo, encontrar evidencias de aprendizaje significativo no es una tarea fácil. Para ello, a menudo prestamos mucha atención a lo que nuestros alumnos comentan y buscamos determinados signos (Bain, 2007). Por ejemplo: ¿hablan nuestros alumnos de lo que han aprendido de la materia que impartimos o más bien de lo mucho que deben recordar?, ¿elaboran conclusiones, evidencias de la vida cotidiana y se plantean reflexiones? ¿la experiencia de enseñanza-aprendizaje les es motivadora?.

Para llevar a cabo un estudio más profundo sobre el tipo de aprendizaje que experimenta el alumno, debemos identificar la clase como un laboratorio de estudio, en el cual los estudiantes son nuestro objeto de estudio principal. Este estudio puede realizarse y enfocarse desde distintas perspectivas. Informalmente, mediante charlas con el alumno, entrevistas, o el cuaderno de clase; y/o de una manera algo más formal, mediante el empleo de hojas de tareas y ejercicios que evalúen la evolución del alumno. De entre todos ellos, uno de los métodos más sencillos consiste en realizar cuestionarios a los alumnos antes y después de la práctica docente (Grueso, et. al., 2014, p. 8). Esta práctica refleja, en gran medida, la forma de pensar de los alumnos, sus ideas previas, así como los conocimientos y las conclusiones que han quedado fijadas de forma duradera.

A lo largo de la historia múltiples teorías han establecido una estrecha correlación entre las ideas previas y el cambio conceptual en el alumno. Estas teorías abarcan, desde un extremo más radical, aquellas que comprenden la sustitución total de las ideas previas por los conocimientos científicos (Strike et. al., 1985), hasta modelos que aceptan una modificación gradual y parcial de las ideas de los alumnos, llegando incluso a aceptar la

coexistencia de concepciones duales o múltiples (Caravita et. al., 1995, p. 89; Mortimer, 1995, p. 267; Taber, 2001, p. 731; Vosniadou, 1994, p. 45). A pesar de esta diversidad, cabe destacar que los diferentes investigadores coinciden en que el proceso de cambio conceptual es complejo, y que por tanto, los profesores deben diseñar las estrategias docentes adecuadas para lograr el cambio (Bello, 2004, p. 217)

Una de las estrategias docentes más empleadas es el método ABP (Aprendizaje Basado en Problemas), que consiste en un acercamiento al proceso enseñanza-aprendizaje, en el cuál los estudiantes se enfrentan a problemas de diversa índole (D. Boud y G. Felletj, 1997). En este sentido el fomento de la interdisciplinariedad para evaluar las capacidades del alumno en la asimilación y desarrollo de conceptos juega un papel clave. Si bien es cierto que existen numerosas posibilidades de evaluación de las competencias generales de las asignaturas de Física y de Físicoquímica, se han detectado deficiencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje en relación a la evaluación de las competencias complementarias relativas a estas asignaturas. Es importante destacar que estas asignaturas se imparten, no ya en cursos diferentes, sino en primer y segundo cuatrimestre del mismo curso académico. En este trabajo, aplicando un modelo metodológico de enseñanza cíclico, y partiendo de las ideas previas de los alumnos, se han estudiado los cambios producidos en los esquemas de pensamiento de los alumnos de Físicoquímica, así como el nivel de aprendizaje significativo, y el grado de interdisciplinariedad con la asignatura de Física Aplicada del Grado en Farmacia.

2. METODOLOGÍA

El modelo didáctico que empleamos en este trabajo para lograr el aprendizaje significativo es cíclico (véase Figura 1), rompiendo así con los esquemas tradicionales lineales (contenidos → metodología → evaluación).



Figura 1. Esquema-modelo del método didáctico aplicado en la práctica docente, que pone de manifiesto la interrelación entre la metodología, los contenidos y la evaluación.

Así, esta nueva metodología está en línea con el modelo de alineamiento constructivo, según el cual la metodología de enseñanza, el sistema de evaluación y las competencias a alcanzar por el alumno se definen de forma paralela e integrada (Biggs, 2005).

Diseño: Esta actividad de innovación se ha aplicado en la asignatura Físicoquímica de primer curso del Grado en Farmacia. Como ya se ha indicado, el objetivo es calibrar la capacidad del alumno para relacionar los conceptos asimilados en la asignatura de Física y promover el cambio conceptual. La actividad se ha basado en el empleo de idénticos cuestionarios, iniciales y finales, que precedieron y finalizaron la práctica docente. Los cuestionarios iniciales fueron realizados dos semanas después finalizar las clases de la asignatura de Física Aplicada de primer cuatrimestre. Por otra parte, los cuestionarios finales fueron realizados por el alumnado una vez completada la lección de repaso de los conceptos comunes a las asignaturas de Física Aplicada y Físicoquímica.

Esta actividad fue llevada a cabo en 3 fases bien diferenciadas:

Fase 1: Consistió en la realización y análisis del cuestionario inicial con la recopilación de las ideas previas de los alumnos. La respuesta al cuestionario fue individual y voluntaria por parte del alumno.

Fase 2: En esta fase se realizaron diferentes actividades y/o ejercicios en clase (de tipo reflexivo y profundización de los contenidos de la Física Aplicada) con el objetivo de cambiar los esquemas de pensamiento de los alumnos y promover el cambio conceptual. Una parte de los ejercicios fueron realizados de forma individual y otros de forma grupal.

La práctica docente se orientó empleando los siguientes métodos de aprendizaje: (1) aprendizaje basado en problemas (ABP), cuyo punto de partida es un problema que el alumnado debe resolver para adquirir una serie de competencias (Díaz et. al., 2005, p. 37); (2) aprendizaje basado en la práctica, que supone cambiar el eje de acción del docente (Zabalza, 2010, p. 21), y (3) aprendizaje colaborativo e interactivo, en el que el éxito del alumno no sólo es personal sino grupal (Johnson and Johnson, 1985, p. 289).

Fase 3: Esta fase comprende la realización del cuestionario final (idéntico al inicial). Al igual que en la fase 1, la respuesta al cuestionario fue individual y voluntaria.

Población: Este estudio se ha realizado con la participación voluntaria de los alumnos de Fisi-coquímica, del primer curso del Grado en Farmacia. El número total de alumnos encuestados en el cuestionario inicial fue de 65, mientras que en el cuestionario final participaron 67 alumnos.

Entorno: La siguiente investigación ha sido realizada en la Facultad de Farmacia de la Universidad de Sevilla (Departamento de Química Física). La Facultad de Farmacia se encuentra situada en la ciudad y provincia de Sevilla. Este centro se fundó en el curso 1973/4, ocupando las dependencias de la Facultad de Ciencias,

en la Antigua Fábrica de Tabacos. Posteriormente, en el año 1982, la Facultad de Farmacia se traslada al Campus de Reina Mercedes, edificio donde se encuentra ubicada en la actualidad. Actualmente, se imparten en ella dos titulaciones de Grado diferentes: Grado en Farmacia y Doble Grado en Farmacia, Óptica y Optometría.

Intervenciones: Para este estudio se emplearon cuestionarios en formato papel que fueron diseñados en base a problemas y/o preguntas clave trabajadas en clase. Las preguntas realizadas en los cuestionarios inicial y final se incluyen en la Tabla 1.

TABLA 1. Preguntas clave realizadas en los cuestionarios inicial y final.

Nº PREGUNTA	ENUNCIADO DE LA PREGUNTA
1	¿Qué entiende por función trabajo? ¿Piensa que el trabajo está relacionado de alguna forma con la energía? Escriba el nombre de algún/os tipos de función trabajo que conozcas.
2	¿Cuántas variables o propiedades macroscópicas cree que son necesarias para definir un sistema termodinámico simple? Ponga un ejemplo.
3	Verdadero o falso. Razone su respuesta: a) Para estudiar un proceso que ocurre a escala macroscópica desde el punto de vista de la termodinámica, necesito conocer el valor de las variables de estado que definen el estado inicial y final, así como el camino por el cual ha transcurrido el proceso. b) Si dos cuerpos A y B, inicialmente separados por paredes adiabáticas, se ponen en contacto a una temperatura inicial de 20°C, podemos calcular el calor que se genera en el proceso. c) El calor y el trabajo dependen de la trayectoria del proceso, por tanto no son funciones de estado.
4	Indique cuáles son los tres tipos de energía que están presentes cuando un cuerpo se mueve a 0.5 m/s de velocidad en dirección perpendicular a la superficie terrestre a una altura inicial de h = 1m. Desprecie la fuerza de rozamiento.
5	Un alumno conoce que el cambio de entalpía asociada al proceso: $C(\text{grafito}) + O_2(\text{gas}) \rightarrow CO_2(\text{gas}); \Delta H_{298K} = -394 \text{ kJ/mol}$ Este alumno le dice a otro que con estos datos únicamente puede conocer cuál es la energía asociada al proceso. ¿Tiene razón? ¿Por qué?.
6	Verdadero o Falso. Razone su respuesta: a) Un proceso termodinámico puede transcurrir por diversos caminos y seguir siendo el mismo proceso. b) $\Delta U = 0$ en un proceso isotérmico. c) El cambio de entropía de un mol de gas A y 3 moles del mismo gas a $P = \text{cte}$ y $T = \text{cte}$ es siempre positivo.
7	Elija la respuesta correcta: a) En un proceso cíclico reversible, el cambio de entropía es mayor que cero. b) La función q_{rev}/T no es función de estado. c) En un proceso cíclico reversible, el cambio de entropía es cero.

Los resultados obtenidos de los cuestionarios fueron clasificados en distintos modelos y representados, de acuerdo con su complejidad, en escaleras de aprendizaje.

Análisis estadístico: Al tratarse de una investigación basada en una experiencia educativa, los resultados de los cuestionarios fueron analizados con la intervención del profesor.

En primer lugar, se analizaron todos los resultados del cuestionario inicial, identificando los diferentes modelos de pensamiento, su grado de complejidad y de acercamiento a la realidad física. Seguidamente, se analizaron los resultados del cuestionario final de todos los alumnos, identificando aquellos que habían aparecido en el cuestionario inicial, así como posibles nuevos modelos.

Finalmente, se agruparon las respuestas de los alumnos en porcentajes de acuerdo con cada modelo identificado. Una vez realizado este análisis estadístico, se representaron los resultados, teniendo en cuenta la complejidad de la respuesta, en escaleras de aprendizaje (Grueso, et. al. 2014, p.8).

3. RESULTADOS

A continuación se detallan los resultados del cuestionario inicial y final cuantificados en formas de porcentajes (véase Tabla 2 y Tabla 3, respectivamente). Los resultados han sido clasificados en modelos de pensamiento de acuerdo con su complejidad y adecuación con la realidad física. En las Tablas 4 y 5, se describen cada uno de los modelos identificados entre las respuestas de los alumnos. La Tabla 4 recoge la descripción de los modelos considerados más cercanos a la realidad física (Modelo A y B), mientras que la Tabla 5 incluye la descripción del resto de los modelos detectados (Modelos C, D o E). Nótese como dependiendo del tipo de pregunta formulada se encuentre un número variable de modelos.

TABLA 2. Resultados expresados en forma de porcentajes y agrupadas en los diferentes modelos correspondientes al cuestionario inicial.

PREGUNTA	MODELO A	MODELO B	MODELO C	MODELO D	MODELO E
P1	0 (0%)	50 (77%)	15 (23%)	-----	-----
P2	16 (24.6%)	2 (3.1%)	18 (27.7%)	29 (44.6%)	-----
P3a	0 (0%)	48 (73.9%)	8 (12.3%)	9 (13.8%)	-----
P3b	9 (13.8%)	25 (38.5%)	28 (43.1%)	3 (4.6%)	-----
P3c	17 (26.2%)	30 (46.2%)	7 (10.8%)	11 (16.9%)	-----
P4	1 (1.5%)	54 (83.1%)	5 (7.7%)	5 (7.7%)	-----
P5	1 (1.5%)	4 (6.2%)	16 (24.6%)	2 (3.1%)	42 (64.6%)
P6a	10 (15.4%)	33 (50.8%)	22 (33.9%)	-----	-----
P6b	25 (38.5%)	12 (18.5%)	30 (46.2%)	-----	-----
P6c	0 (0%)	33 (50.8%)	32 (49.2%)	-----	-----
P7	29 (44.6%)	5 (7.7%)	4 (6.2%)	27 (41.5%)	-----

TABLA 3. Resultados expresados en forma de porcentajes y agrupadas en los diferentes modelos correspondientes al cuestionario final.

PREGUNTA	MODELO A	MODELO B	MODELO C	MODELO D	MODELO E
P1	61 (91%)	6 (9%)	0 (0%)	-----	-----
P2	37 (55.0%)	17 (25.5%)	13 (19.5%)	0 (0%)	-----
P3a	23 (34.3%)	38 (56.7%)	6 (9.0%)	0 (0%)	-----
P3b	46 (68.6%)	14 (20.9%)	7 (10.5%)	0 (0%)	-----
P3c	58 (86.5%)	7 (10.5%)	2 (3.0%)	0 (0%)	-----
P4	35 (52.2%)	31 (46.3%)	0 (0%)	1 (1.5%)	-----
P5	39 (58.2%)	24 (35.8%)	0 (0%)	2 (3.0%)	2 (3.0%)
P6a	39 (58.2%)	26 (38.8%)	2 (3.0%)	-----	-----
P6b	61 (91.0%)	5 (7.5%)	1 (1.5%)	-----	-----
P6c	13 (19.4%)	41 (61.2%)	13 (19.4%)	-----	-----
P7	62 (92.5%)	1 (1.5%)	3 (4.5%)	1 (1.5%)	-----

TABLA 4. Descripción de los modelos A y B de pensamiento de los alumnos identificados en las preguntas clave recogidas en la Tabla 1.

PREGUNTA	DESCRIPCIÓN DEL MODELO A	DESCRIPCIÓN DEL MODELO B
P1	Comprende el concepto de trabajo y conoce los distintos tipos.	Comprende el concepto de trabajo pero no conoce los distintos tipos.
P2	Son necesarias 3 variables. Comprende perfectamente el concepto de sistema termodinámico simple.	Son necesarias 4 variables. Aún no comprende que especificando la P, T y composición, el V ya está fijado.
P3a	Falso. Comprende el concepto de función de estado y de proceso termodinámico	Falso. Comprende el concepto de función de estado, no el de proceso termodinámico.
P3b	Falso. Comprende el concepto de calor.	Falso. No comprende el concepto de calor. Aún no ve que para que haya transferencia de calor $\Delta T \neq 0$. Confunde el concepto de calor con adiabaticidad del sistema.
P3c	Verdadero. Comprende el concepto de función de estado y su relación con las funciones termodinámicas principales.	Falso. Aún no comprende la diferencia entre función de estado y función termodinámica principal.
P4	Identifica la energía interna como tipo de energía junto con la potencial y la cinética.	Identifica las energías potencial y cinética, pero no la energía interna.
P5	Resuelve el problema de forma correcta.	Encuentra la diferencia entre ΔH e ΔU , pero no resuelve el problema.
P6a	Falso. Tiene claro el concepto de proceso termodinámico.	Verdadero. Confunde el concepto de función de estado con proceso termodinámico.
P6b	Verdadero. Hace distinción del caso particular de un gas ideal.	Verdadero, siempre es cero. Está relacionado con $\Delta U = CvdT$.
P6c	Falso. Se trata del mismo gas.	Selecciona la respuesta correcta pero no razona su respuesta.
P7	Selecciona la respuesta c. Comprende el concepto de proceso cíclico y que la entropía es función de estado.	Selecciona la respuesta a. No comprende el concepto de proceso cíclico.

TABLA 5. Descripción de los diferentes modelos C, D y E de pensamiento de los alumnos identificados en las preguntas clave recogidas en la Tabla 1.

PREGUNTA	DESCRIPCIÓN DEL MODELO C	DESCRIPCIÓN DEL MODELO D	DESCRIPCIÓN DEL MODELO E
P1	No comprende el concepto de trabajo ni conoce los distintos tipos.		
P2	Son necesarias más de 4 variables o menos de 3. Confunde las propiedades macroscópicas fundamentales con el número de variables intensivas para especificar el estado del sistema.	No sabe/No contesta.	
P3a	Verdadero. Confunde el concepto de proceso con función de estado.	No sabe/No contesta.	
P3b	Verdadero. No comprende el concepto de calor y no lo relaciona con la transferencia de energía entre dos cuerpos.	No sabe/No contesta.	
P3c	Falso. Confunde el concepto de función de estado con y la diferencia entre estas y las funciones termodinámicas. Falso. El calor si es función de estado, el trabajo no. Confunde el concepto de entalpía a presión constante ($\Delta H = Q_p$) con el calor como función de estado.	No sabe/No contesta.	
P4	No comprende el concepto de energía.	No sabe/No contesta.	
P5	Confunde ΔH con otras funciones de estado.	Piensa que hacen falta más datos.	No sabe/No contesta.
P6a	No sabe/No contesta.		
P6b	No sabe/No contesta.		
P6c	No sabe/No contesta.		
P7	Respuesta b. No ve que la entropía es función de estado.	No sabe/No contesta.	

A modo de ejemplo, la Figura 2 muestra la clasificación en modelos correspondientes a la pregunta 1 del cuestionario (véase Tabla 1).

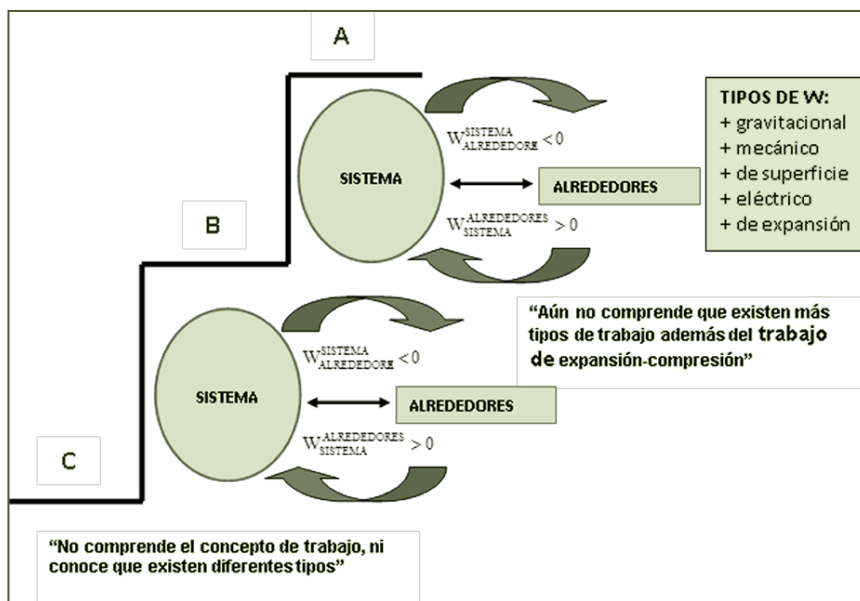
Como puede verse en la figura, en este caso se detectaron 3 niveles de aprendizaje diferentes (A, B y C) cuya complejidad se incrementa al aumentar la altura que ocupa el nivel en la escalera. Así, el modelo C es el más simple, y por el contrario, el modelo A es el más complejo y cercano a la realidad física. Además, la altura de cada escalón también da cuenta de las dificultades que deben superar los alumnos para poder ascender a un nivel superior. De esta forma, cuanto mayor es la altura, mayor es la dificultad a superar. Un ejemplo detallado se muestra en la figura 1, como se deduce de la figura, para que el alumno pase del modelo C al B debe comprender el concepto de trabajo y relacionarlo con una forma de transferencia de energía. Así mismo, para ascender del modelo de pensamiento B al A, el alumno debe identificar diferentes tipos de trabajo además del conocido trabajo termodinámico de expansión y compresión.

Una comparación de los resultados obtenidos en los cuestionarios inicial y final correspondientes a la pregunta 1, en forma de porcentajes, se recogen en la Figura 3.

Como puede verse en la figura, el aprendizaje global de la clase fue positivo ya que el 100% de la clase se encontraba distribuida entre los modelos C y B en el cuestionario inicial; mientras que en el final el 100% de la clase se situaba distribuida en-

tre los modelos B y A, y más significativamente, en el modelo A (91%). Por otra parte, cabe destacar como a pesar de que el tema de calor y trabajo ya había sido abordado en las clases de teoría de la asignatura de Física Aplicada de primer cuatrimestre, no se encontró inicialmente ningún alumno en el modelo A.

Figura 2. Representación de los modelos o esquemas de pensamiento detectados en los alumnos correspondientes a la pregunta número 1 de la Tabla 1.



Como puede deducirse de la comparación de los datos de la Tabla 2 y 3, se obtuvieron resultados bastante similares para el resto de las preguntas del cuestionario.

La Tabla 6 muestra un estudio más individualizado de los resultados correspondientes a la pregunta 1.

Los datos que aparecen en la tabla 6 corresponden a una muestra de 10 alumnos tomados al azar. El análisis de los resultados de esta tabla esclarece como la práctica docente influyó muy positivamente en la mayor parte de los alumnos seleccionados, cambiando sus esquemas de pensamiento hacia modelos más complejos. Por el contrario, otros alumnos en fueron incapaces de modificar sus esquemas, permaneciendo en el mismo modelo.

Figura 3. Organización de los resultados obtenidos en porcentajes de los cuestionarios inicial y final correspondientes a la pregunta 1 de la Tabla 1.

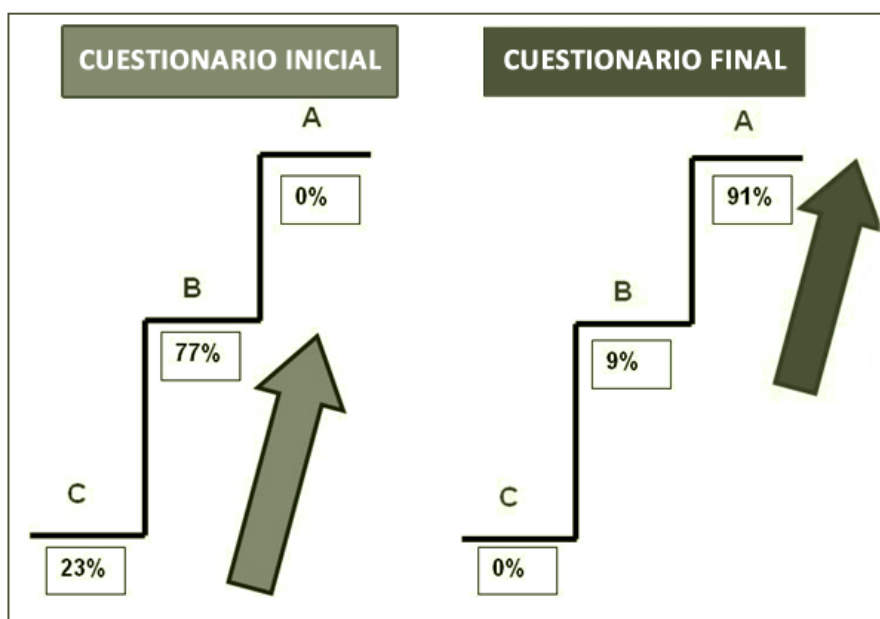


TABLA 6. Distribución de los resultados de 10 alumnos, seleccionados al azar, entre los modelos inicial y final correspondiente a la pregunta 1.

PREGUNTA	MODELO A	MODELO B	MODELO C
1	B	A	↑+
3	C	A	↑↑+
7	B	A	↑+
12	C	B	↑+
25	B	B	=
34	C	A	↑↑+
37	C	B	↑+
50	B	A	↑+
56	B	B	=
61	B	A	↑+

4. DISCUSIÓN

Cuando se analizan los resultados de esta experiencia docente, lo primero que salta a la vista es que todos los alumnos responden al cuestionario final, es más, responden algunos más que al inicial.

A tenor de los resultados del cuestionario inicial parece evidente la dificultad de los alumnos a la hora de ligar conceptos adquiridos en una asignatura (Física Aplicada) con materias de otras (Fisicoquímica). Analizando detalladamente las respuestas correspondientes al cuestionario Inicial, los alumnos de Fisicoquímica presentan un promedio de tan solo un 15.2 % de respuestas correctas (modelo A). Esto es junto con el problema añadido de que existen preguntas con un 0% de respuestas correctas. Concretamente estas respuestas corresponden a preguntas de razonamiento abstracto y problemas. Todo ello nos lleva a la siguiente reflexión, según Biggs (2005), el nuevo reto en el EEES consistiría en alinear la evaluación con los resultados de aprendizaje y las actividades en enseñanza-aprendizaje llevadas a cabo en el aula. Esto se traduce en la persecución, como objetivo final del profesor, de un ajuste coherente entre la práctica docente y la evaluación del alumnado. Es decir, lo que enseñamos y trabajamos en las clases debe ajustarse a lo que exigimos en la evaluación. Sin embargo, este reto está muy lejos de la habitual práctica docente. Un ejemplo de esta problemática es en sí la impartición de

los temas de termoquímica (1er, 2º y 3er principio de la termodinámica) dentro de la asignatura de Física Aplicada de primer cuatrimestre. Estos temas son los últimos del programa de Física y no es de extrañar que ante la premura de tiempo por parte del profesorado para finalizar la asignatura se pierda cierta capacidad para relacionar conceptos en el ámbito interdisciplinar de la Física y la Fisicoquímica. Por tanto, cuando el número de horas de clase no se adaptan a la realidad docente, es decir, a la cantidad de contenidos a impartir, es muy difícil lograr un aprendizaje significativo en el alumno. A veces, como diría Stephen Di Carlo (2009, p. 257), “es mejor sacrificar parte de los contenidos en aras de la reflexión del alumno y su diversión”.

Siguiendo la metodología de Di Carlo (2009), a la hora de planificar el tema de repaso de los conceptos de Física Aplicada, en directa relación con la Fisicoquímica, se han sacrificado algunos contenidos de carácter secundario, a favor de profundizar más en los organizadores. Los datos recogidos en la Tabla 3, revelan que la aplicación de la metodología empleada ha sido bastante positiva. En comparación con los resultados del cuestionario inicial, en el cuestionario final se obtienen un promedio de un 64.3% de respuestas correctas, lo cual es bastante significativo. Sin embargo, aunque claramente se observa una mejoría bastante notable en la capacidad de razonamiento del alumnado y en la fijación de conceptos comunes, la introducción de un tema de repaso adicional parece no ser suficiente para la totalidad de la clase. Cabe destacar como algunas de las cuestiones que implicaron un mayor grado de reflexión y/o profundización sobre los contenidos (preguntas clave 3a, 4 y 6c) fueron las que peor porcentaje de respuestas correctas (del tipo modelo A, más complejo), proporcionaron. Sin embargo, para otras preguntas, de respuesta más inmediata o directa (preguntas 1, 5, 6a, 6b y 7; véase Tabla 1), se obtuvo un porcentaje de respuestas correctas más elevado.

Por otro lado, es también destacable la distinta gradación en los esquemas-modelos

conceptuales de los alumnos (del E al A), y como al pasar del cuestionario inicial al final se obtiene un porcentaje mayor de respuestas de complejidad creciente. Un ejemplo de ello puede observarse en la Tabla 6. Así, los alumnos que aún no han conseguido en el cuestionario final comprender, asimilar y relacionar los diferentes conceptos hasta el grado máximo de complejidad (modelo A), por lo general suben uno o varios niveles de dificultad en la escalera de gradación del conocimiento, lo cual es prueba de su aprendizaje. Sin embargo, un porcentaje menor de alumnos no modifican sus esquemas de pensamiento. Por tanto, los resultados de esta experiencia docente están más bien en línea con los modelos del cambio conceptual que aceptan una modificación gradual y/o parcial de las ideas de los alumnos (Caravita et. al., 1995, p. 89; Mortimer, 1995, p. 267; Taber, 2001, p. 731; Vosniadou, 1994, p. 45); a diferencia de aquellos que proponen una sustitución total de las ideas previas por los conocimientos científicos (Strike y Posner, 1985). A pesar de que la investigación sobre el cambio conceptual está en progreso, hoy en día todos los autores coinciden en que este es un cambio complejo y que requiere un proceso largo y no lineal. Por tanto, es muy difícil que los alumnos experimenten un cambio conceptual directo desde los esquemas más sencillos a los más profundos (del modelo E al A).

En vista a los resultados obtenidos se propone como planteamiento de mejora incluir un tema de repaso de los contenidos previos impartidos en Física Aplicada relacionados con la Fisi-coquímica que sirva de nexo común entre las dos asignaturas cuatrimestrales. Todo ello junto con el planteamiento de tareas adicionales dirigidas a los alumnos, que podrían ayudar a solventar las deficiencias existentes en la capacidad de razonamiento y de relación de contenidos de carácter interdisciplinar.

5. CONCLUSIONES

La puesta a punto de este sistema de evaluación de las competencias comunes de las asignaturas de Física Aplicada y Fisi-coquímica ha sido muy positiva, tanto para el profesor, como para el alumnado. Estos últimos opinan que incluir un tema de repaso, así como el empleo de actividades adicionales, mejora sus conocimientos y les ayuda a asimilar mejor los contenidos. Además, el proceso de enseñanza-aprendizaje resulta más completo y atractivo para el alumno, prueba de ello es la alta participación del alumnado en esta experiencia docente.

Por otra parte, la comparación de los resultados de los cuestionarios inicial y final ha puesto de manifiesto como, después de aplicar esta metodología docente, se ha logrado una evolución positiva de la clase hacia modelos más complejos y cercanos a la realidad física. A pesar de ello, algunos alumnos parecen no modificar sus modelos de pensamiento. Por lo tanto, es claro que habrá que seguir trabajando e introduciendo nuevas preguntas clave que supongan un reto para el estudiante.

En cualquier caso, queda notablemente evidente la diferencia de asimilación de los contenidos extrapolados de la Física a una asignatura inmediatamente posterior, la Fisi-coquímica. Este trabajo ha puesto de manifiesto que los alumnos no solo tienen problemas para relacionar conceptos de una asignatura y otra, sino que además presentan dificultades para lograr un aprendizaje significativo. Como perspectivas de mejora para el futuro se plantea repetir esta experiencia en cursos posteriores para obtener una buena consistencia en los resultados globales, y reflexionar sobre cómo trabajar los contenidos que han resultado más difíciles de asimilar por los alumnos. En particular, incidir en la diferencia entre proceso termodinámico y función de estado (pregunta clave P3a); el concepto de energía interna (pregunta clave P4); y el concepto de entropía de mezcla (pregunta clave P6c), entre otros.

Como posible solución a las deficiencias detectadas se plantean diferentes posibilidades. En primer lugar podría plantearse la posibilidad de incluir, en el programa de la asignatura de Fisi-coquímica, un tema de repaso de los contenidos de la Física Aplicada que sirvan de base fundamental para la

Fisi-coquímica. Otra posible solución podría ser desvincular el capítulo dedicado a la termoquímica de la asignatura de Física Aplicada, y mantener tan sólo en esta asignatura la mecánica, electricidad y la óptica, para hacer esta última menos extensa y más fácil de abordar por el alumnado.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ausubel-Novak, H. (1983): *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. 2ª Ed. México: Trillas.
- Bain, J. (2007): *Lo que hacen los mejores profesores universitarios*. Barcelona: Publicaciones de la Universidad de Valencia.
- Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual, en: *Educación Química*, vol. 15, nº 3, pp. 210-217.
- Biggs, J. (2005). Calidad del aprendizaje universitario. Madrid: Narcea. pp. 29-30.
- Boud, D; Felletti, G. (1997): *The Challenge of Problem-Based Learning*. 2ª ed. Londres: Kogan Page Limited, pp. 1-14.
- Caballer, M. J; Jiménez, I. (1992): Las ideas previas de los alumnos y alumnas a cerca de la estructura celular de los seres vivos, en: *Enseñanza de las ciencias*, vol. 10, nº 2. pp. 172-180.
- Caravita, S. y Halldén, O. (1994). Reframing the problem of conceptual change, en: *Learning and Instruction*, vol. 4, pp. 89-111.
- Díaz M, D. M; Alfaro Rocher I. J; Apodaca Urquijo P; Arias Blanco J M; García Jiménez E; Lobato Fraile C; Pérez Boullosa A. (2005). *Modalidades de enseñanza basadas en el desarrollo de competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el Espacio Europeo de Educación Superior*. Oviedo: Ediciones Universidad de Oviedo, pp. 3740.
- García Magna, D; Castillo Rodríguez, C; Rios Moyano, S; Cristofol Rodríguez, C; Carrasco Santos, M. J; Rodríguez Mérida, R. M; Pastor García, I; González Ramírez, D. (2011). La interdisciplinariedad en la educación superior: propuesta de una guía para el diseño de juegos de rol, en: *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, vol. 12, nº 1, pp. 383-413.
- Grueso, E; Pérez-Tejeda, P; Prado-Gotor, R. (2014). Aprendizaje significativo del alumnado de física aplicada del grado en farmacia: evaluación basada en el empleo de cuestionarios, en: *Ars Pharmaceutica*, vol. 55, nº 4, pp. 8-13.
- Guillen Soler, G. (2000). Sobre el aprendizaje de conceptos geométricos relativos a los sólidos. Ideas erróneas, en: *Enseñanza de las ciencias*, vol. 18, nº 1. pp. 35-53.
- Johnson D W; Johnson R T. (1985). *Research on motivation in education: The classroom milieu*. New York: New York Academic press, vol. 2, pp. 289-303.
- Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change?, en: *Science & Education*, vol. 4, pp. 267-285.
- Ortega y Gasset, J. (1975): *Misión de la Universidad*, 2ª ed. Madrid: Revista de Occidente.

- Stephen, E. D. (2009). Too much content, not enough thinking, and too little FUN!, en: *Advances in Physiology Education*, vol. 33, pp. 257-264.
- Strike, K; Posner, G. (1985): *A conceptual change view of learning and understanding. Cognitive structure and conceptual change*. en: West, L. & Pines, L. (eds). Orlando: Academic Press, pp. 211-231.
Taber, K. (2001). Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions, en: *International Journal of Science Education*, vol. 23, nº 7, pp. 731-753.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change, en: *Learning and Instruction*, vol. 4, pp. 45-69.
- Zabalza M A. (2010) El prácticum en la formación universitaria: estado de la cuestión, en: *Revista de Educación*, vol. 354, pp. 21-43.

