

Percepción de profesores y estudiantes de 3º ESO sobre el uso de analogías en el estudio de los estados de agregación de la materia

Josefa Rubio Cascales ¹, Gaspar Sánchez Blanco ², María Victoria Valcárcel Pérez ²

¹IES Pedro García Aguilera. Moratalla (España)

²Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Murcia (España)
pepiruca@gmail.com, gsblanco@um.es, mvvalcar@um.es

[Recibido: 23 octubre 2017. Revisado: 16 enero 2018. Aceptado: 22 enero 2018]

Resumen: Se presenta la valoración que 5 profesores y 218 estudiantes de 3º ESO hacen de las analogías incluidas en una propuesta de enseñanza para el estudio de los estados de agregación. Con las analogías como recurso didáctico se pretendía que los alumnos comprendieran el modelo cinético molecular de la materia necesario para justificar las propiedades de sólidos, líquidos y gases, y su comportamiento durante los cambios de estado. Se utilizaron diferentes analogías (batallón militar, pista de baile, partido de fútbol y clase de educación física), con una estrategia didáctica que evoluciona desde la presentación de la analogía por el profesor a la construcción de la analogía por los estudiantes. Para valorar las analogías se ha diferenciado el grado en que se comprenden y se consideran adecuadas, viables e interesantes para la enseñanza de las ciencias. Tanto profesores como alumnos han valorado positivamente las analogías empleadas; los primeros comparten su intencionalidad y dificultad didáctica, y los segundos consideran que las analogías son una herramienta útil que les ayuda no solo a comprender el modelo cinético molecular sino a explicar las propiedades y cambios de los estados de agregación de la materia, es decir, el fenómeno en sí mismo.

Palabras clave: analogías; percepciones; propuesta de enseñanza; estados de agregación de la materia; educación secundaria obligatoria.

Perception of teachers and students at 3th year of Secondary School about they use analogies to understand the states of the matter

Abstract: In this study we show the perception of 5 teachers and 218 students at 3th year of Secondary School about the analogies included in an educational unit to understand the states of matter. We expected our students understood the molecular kinetic model of matter with analogies, since it is necessary to explain the properties of the solid, liquid and gaseous state of matter and to prove their performance during the change of state. Different types of analogies were used: a battalion, a dance floor, a football match and a PE class, with an evolving didactic strategy starting with the presentations of analogies by the teacher and ending by the fulfilment of analogies by the students. To evaluate these analogies it has been distinguished the degree by which they are understood, suitable, viable and interesting for the study of Science. The analogies used have been considered positive by both, teachers and students. Teachers share their wilfulness and didactic difficulty and students think analogies are useful tools which help them to understand the molecular kinetic model to explain the properties and the changes of the states of matter, that is to say, to understand the phenomenon itself.

Keywords: analogies; perceptions; educational design; states of the matter; secondary school.

Para citar este artículo: Rubio J., Sánchez G., Valcárcel M.V. (2018) Percepción de profesores y estudiantes de 3º ESO sobre el uso de analogías en el estudio de los estados de agregación de la materia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 15(2), 2104. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2104

Introducción

En las últimas décadas, desde la investigación educativa, se ha destacado la importancia de que los alumnos construyan modelos científicos escolares como parte de su aprendizaje (Erduran y Duschl 2004, Justí y Gilbert 2002, Justí 2006) y el papel que pueden jugar las analogías en el proceso de modelización (Oliva y Aragón 2009a y 2000b). Aunque las analogías se puedan utilizar en diferentes tópicos en el estudio de la materia, nos parece deseable que los

estudiantes comiencen a hacerlo con los estados de agregación y la teoría cinético-molecular, pues, tradicionalmente en el currículo escolar, esta es la puerta de entrada a la dimensión submicroscópica de la materia y, por tanto, a la construcción del primer modelo de partículas sobre su composición y estructura. Con este propósito se ha diseñado y desarrollado en el aula una propuesta de enseñanza sobre los estados de agregación de la materia (Sánchez 2016).

Para evaluar el desarrollo de esta propuesta se ha atendido tanto a los aprendizajes realizados por los alumnos como a la percepción que tienen de la misma los profesores y estudiantes implicados. El presente trabajo se centra en el estudio de la percepción de ambos colectivos. Por un lado, los profesores que han implementado en sus aulas la propuesta de enseñanza, atendiendo a criterios necesarios para que los profesores en ejercicio incorporen nuevos conocimientos en su práctica profesional (Valcárcel y Sánchez 2000). Por otro, la valoración que hacen los estudiantes de las analogías desde criterios que inciden tanto en la percepción de su propio aprendizaje, como en la motivación que generan las analogías como recurso didáctico. Compartimos con Jiménez-Tenorio, Aragón y Oliva (2016) la necesidad del análisis de ambos puntos de vista, profesores y estudiantes, pues nos aporta una visión más holística y realista de la propuesta de enseñanza.

Las analogías en el aprendizaje de la química

El estudio de la química requiere la interrelación de tres niveles de conocimiento acerca de la materia: el nivel macroscópico, el submicroscópico y el simbólico. Desde los primeros cursos de la educación secundaria, los estudiantes deben progresar paralelamente en un conocimiento fenomenológico acerca de las propiedades y cambios de la materia -esencialmente descriptivo y observacional- junto a un conocimiento explicativo -en este caso interpretativo y basado en modelos sobre entidades no visibles como los átomos, moléculas, enlaces, entre otras-, lo que requiere el empleo de representaciones diversas como las fórmulas y ecuaciones químicas, partículas y redes cristalinas, diagramas de estado, entre otras, que configuran el lenguaje simbólico propio de la química. El paso de un nivel a otro, y la necesaria relación que debe establecerse entre ellos, no es fácilmente percibido y comprendido por quienes aprenden, como se ha puesto de manifiesto en diferentes trabajos (Gabel 1999, Caamaño 2003, Sánchez y Valcárcel 2003, Talanquer 2010).

La investigación en didáctica de la química ha constatado que, frente al importante papel que deben tener las teorías y modelos y las estrategias de razonamiento en la ciencia y en la educación científica (Harrison y Treagust 2000a y 2000b; Justi 2006), los resultados de aprendizaje sobre la estructura y composición de la materia, a pesar de su enseñanza reiterada a lo largo de la educación secundaria, no son nada satisfactorios (Llorens 1991, Pozo, Gómez, Limón y Sanz 1991, Garnett y Hackling 1995, Caamaño 2003). Acerca del modelo cinético-molecular, se ha destacado que los escolares les asignan propiedades macroscópicas a las partículas, tienen dificultad para aceptar el vacío y tienden a conceptualizar un modelo corpuscular estático (Benarroch 2001; Talanquer 2010). Dado que el aprendizaje de estos contenidos tiene un origen exclusivamente escolar, debe pensarse que las propuestas de enseñanza sobre las teorías científicas escolares acerca de la materia resultan infructuosas para transmitir y generar en los estudiantes el conocimiento químico deseable. Con frecuencia, como señalan Galagosky y Adúriz-Bravo (2001), las representaciones didácticas de los modelos científicos se presentan a los estudiantes por el profesor o el libro de texto de modo declarativo, describiendo sus presupuestos, acompañándose de representaciones con dibujos, maquetas, etc. Sin embargo, la comprensión y utilización de las teorías y modelos sobre la estructura de la materia requiere que los alumnos participen más activamente en su reconstrucción y encuentren sentido a estos conocimientos.

Para ello, desde hace más de dos décadas, se viene reclamando una mayor utilización de actividades centradas en el uso de analogías al entender que pueden ofrecer las oportunidades necesarias para que los alumnos comprendan y encuentren sentido a los modelos científicos escolares sobre la estructura de la materia (Dagher 1995, Oliva *et al.* 2003, Oliva y Aragón 2009a y 2000b). Las analogías favorecen la visualización de conceptos teóricos y abstractos (sustancia pura, elemento químico, átomo, molécula, enlace, entre otros) y activan las estrategias de razonamiento analógico, imprescindibles para comprender y dotar de sentido estos contenidos. El uso de analogías también resulta clave para comprender mejor la naturaleza de la ciencia pues favorece la comprensión del proceso de modelización, así como la existencia de diferentes teorías y modelos para una misma entidad (Glynn 1995).

Además, el uso de analogías resulta coherente con una concepción del aprendizaje científico entendido como un proceso gradual y evolutivo que conlleva la modificación y reconstrucción de los modelos mentales de los estudiantes (Sanmartí 2009). Entendida así la analogía, no sólo como un estímulo externo que utiliza el profesor o el libro de texto, sino como un proceso de razonamiento del estudiante, de transferencia cognitiva interactiva entre el análogo y el tópico, su uso conlleva la construcción por el aprendiz de una representación interna, de una trama analógica (Oliva 2004). Este carácter procesual de la analogía reclama, por tanto, la utilización en el aula de estrategias que favorezcan la implicación de los alumnos en la realización de esa transferencia analógica, como el hecho de dedicar tareas y tiempo a que analicen y discutan los elementos, características, relaciones comunes y relevantes entre el análogo y tópico; que establezcan los límites de validez de las analogías y las utilicen en establecer predicciones; que desarrollen sus propias analogías o que utilicen diferentes analogías para un mismo fenómeno.

Sin embargo, investigaciones precedentes han mostrado que la solución mediante analogías al problema de la construcción de modelos científicos comporta riesgos y dificultades (Coll, France y Taylor 2005, Oliva *et al.* 2003, Oliva 2004 y 2008). Así, los estudiantes pueden aprender el análogo en vez del tópico que se pretende ilustrar, pueden carecer de conciencia de los límites entre el modelo y la realidad que éste intenta representar, pueden interpretar de forma inadecuada la analogía cuando algunos atributos no guardan relación con el tópico, entre otros problemas. Se ha puesto de manifiesto que el grado de interacción entre el estudiante y la analogía constituye un elemento clave en su eficacia del aprendizaje, hasta el punto que tanto las dificultades como las posibles soluciones dependen en gran parte del modo en que los profesores usen las analogías en sus clases. Por ello, resulta necesario tener respuestas a dos preguntas claves: ¿Qué cualidades debe tener una analogía para que sea utilizada por los profesores? ¿Cómo debe utilizar el profesor las analogías para que favorezca el aprendizaje de los estudiantes?

En relación con la primera cuestión, dado que una analogía es un proceso en el que se compara y relaciona una situación familiar conocida (análogo) con otra nueva o desconocida (tópico), las cualidades deseables se pueden establecer a partir del análisis estructural que diferencia tres elementos, componentes, atributos y nexos, y caracteriza tanto al análogo como al tópico, así como las relaciones que deben establecerse para activar el razonamiento analógico (González 2002). Dicho razonamiento conlleva el establecimiento de una trama o relación entre el análogo y el tópico. Aunque la comparación puede hacerse entre cada elemento (componentes, atributos y nexos), no todas son pertinentes para establecer la trama analógica deseable; así, resulta inadecuada o insuficiente cuando sólo se atiende a los atributos, siendo necesario atender a los nexos, es decir, a la relación entre componentes y atributos, y decidir qué relaciones son relevantes en la analogía que se está utilizando.

En cuanto al segundo interrogante, creemos que todavía son insuficientes las investigaciones sobre propuestas de enseñanza concretas llevadas al aula que avalen una u otra estrategia

didáctica (Oliva *et al.* 2003, Oliva, 2006). La discusión se sitúa más en la adecuación teórica de las estrategias de modelización atendiendo a fundamentos psicológicos, epistemológicos o didácticos, al carecer de resultados empíricos suficientes (Glynn, Duit y Thiele 1995, Galagovsky y Adúriz-Bravo 2001, González 2002, Oliva 2004, Coll *et al.* 2005, Oliva y Aragón 2009a, Oliva 2011). En cualquier caso, compartimos con Oliva (2004, 2008), además de las implicaciones didácticas para el aula antes señaladas, que los profesores deberían tener unos conocimientos didácticos suficientes acerca del papel de las analogías como recurso didáctico que incluyeran aspectos como su interés en la comunicación humana, el papel relevante que han tenido en la construcción de la ciencia, los mecanismos de aprendizaje por modelización, etc., así como suficientes experiencias contrastadas, ejemplos de buenas prácticas, que puedan incorporar a su docencia. En este sentido, el presente trabajo contribuye a ampliar la investigación sobre propuestas de enseñanza concretas implementadas en el aula.

Propuesta de enseñanza: Los estados de agregación de la materia

La propuesta de enseñanza, objeto de investigación de este trabajo, incluye los contenidos escolares habituales en el estudio de los estados de agregación de la materia, para la asignatura de Física y Química de 3º de ESO (Sánchez 2016).

La secuencia del contenido se inicia con el estudio de los estados de agregación a nivel macroscópico, abordando las propiedades comunes a cada estado y las semejanzas y diferencias en su comportamiento por efecto de la presión y la temperatura, con un soporte empírico sobre los fenómenos de difusión, compresión y dilatación, necesario para comprender el comportamiento mecánico de los gases y sus propiedades comunes (actividades A1-A3). A continuación, se estudian los cambios de estado también a nivel macroscópico con su correspondiente soporte empírico (actividades A4-A6). Tras el estudio macroscópico, la propuesta de enseñanza da explicaciones al comportamiento fenomenológico de la materia postulando su naturaleza discontinua desde una versión escolar de la teoría cinética, llamada Modelo Cinético Particular, utilizando las analogías para discutir y comprender dicho nivel microscópico (actividades A7-A9). La propuesta concluye con las necesarias relaciones entre los niveles macro, micro y simbólico de la materia (actividades A10-A12). El número de sesiones, actividades, tareas y contenidos de la propuesta se muestra en la tabla 1, donde se describen de modo más extenso los aspectos relacionados con el uso de las analogías. Las actividades aparecen desglosadas en tareas que, para las sesiones 4, 5 y 6, se codifican (T1, T2, T3i, T3ii, ..) con la intención de identificar el objeto de estudio de este trabajo, es decir, aquello que se investiga.

El diseño de las actividades de enseñanza, donde los estudiantes trabajan con analogías (A7, A8 y A9), se fundamenta en la adaptación de estrategias didácticas planteadas por otros autores, como el modelo TWA de Glyn (1995), el modelo ACA de González (2002) y las propuestas de Oliva (2011). En concreto, las actividades se han diseñado teniendo como base la secuencia siguiente:

- a) Se introduce el objeto de estudio o tópico.
- b) Se introduce el objeto análogo, identificando sus características relevantes.
- c) Se establecen comparaciones entre el análogo y el tópico, identificando qué tienen en común y estableciendo relaciones de similitud.
- d) Se identifican las diferencias y limitaciones de la analogía.
- e) Se realizan conclusiones sobre el tópico.
- f) Se utilizan tópico y análogo en la explicación de fenómenos y establecimiento de predicciones.

Tabla 1. Propuesta de enseñanza: secuencia de actividades y contenidos.

SESION	ACTIVIDADES	TAREAS	CONTENIDOS
1, 2 y 3	A1-A6 Descripción macroscópica.	18 tareas	1. Estados de agregación: sólidos, líquidos y gases. Propiedades comunes. 2. Comportamiento macroscópico de los gases. 3. Comportamiento macroscópico de sólidos y líquidos. 4. Cambios de estado. Descripción macroscópica.
4	A7 Interpretación microscópica: - Modelo Cinético Particular. - Analogía estado sólido.	T1: 1 tarea	5.1. Presupuestos del Modelo Cinético Particular.
		T2: 1 tarea	5.2. Interpretación microscópica de sólidos, líquidos y gases. Papel de las teorías y modelos. Utilidad de las analogías.
		T3: 3 tareas (T3i-T3ii-T3iii)	6.1. Análisis de semejanzas y diferencias entre el nivel microscópico y el análogo. 6.1.1. Analogía del estado sólido: batallón militar. i. Características del análogo (batallón militar). ii. Semejanzas y diferencias entre el estado sólido y el análogo. iii. Aplicación para realizar inferencias.
5	A8 - Analogía estado líquido. - Analogía estado gaseoso.	T1: 3 tareas (T1i-T1ii-T1iii)	6.1.2. Analogía del estado líquido: pista de baile. i. Características del análogo (pista de baile). ii. Semejanzas y diferencias entre el estado líquido y el análogo. iii. Aplicación para realizar inferencias.
		T2: 4 tareas (T2i-T2ii-T2iii-T2iv)	6.1.3. Analogía del estado gaseoso: partido de fútbol. i. Características del análogo (partido de fútbol). ii. Semejanzas y diferencias entre el estado gaseoso y el análogo. iii. Aplicación para realizar inferencias. iv. Extraemos conclusiones.
6	A9 - Analogía cambios de estado.	T1: 2 tareas (T1i-T1ii)	6.1.4. Analogía de cambios de estado: clase de educación física. i. Inventamos una analogía. ii. Analizamos las semejanzas en la analogía inventada.
7	A10-A11 Relación niveles macro, micro y simbólico de la materia.	6 tareas	7.1. Importancia de los diferentes niveles de estudio de la materia. 7.2. Análisis de nuevos fenómenos: el embudo que no cuela, la gota de aceite que flota y el líquido que sube por el tubo. 7.3. Gráficas de cambio de estado.
8	A12 Revisión estudio de la materia.	2 tareas	8.1. ¿Qué y cómo hemos estudiado? ¿Qué hemos aprendido?
			8.2. ¿Qué opinión tenemos sobre el uso de las analogías?

La diferencia entre las tres actividades (A7, A8, A9) está en el grado de autonomía del estudiante en la construcción de la analogía con la finalidad de que vaya progresando en el proceso de razonamiento analógico. Así, en las tres primeras analogías el profesor introduce el tópico y la situación análoga, implicando al estudiante en la identificación de los componentes, atributos, nexos y limitaciones, con un grado de dificultad progresivo. Y, en la cuarta analogía, el estudiante tiene un mayor grado de autonomía pues, a partir de la introducción del tópico por el profesor y un posible símil (clase de educación física), para insinuar posibles situaciones análogas, los estudiantes son quienes describen los elementos y construyen la analogía, incluyendo su trama analógica y limitaciones.

En cualquier caso, las estrategias didácticas adoptadas para el tratamiento de todas las analogías son coherentes con un enfoque constructivista del aprendizaje, pues el estudiante debe activar sus conocimientos iniciales, compartir y negociar significados con otros colegas y el profesor, aplicar los nuevos conocimientos y revisar lo aprendido. Las actividades se realizan en pequeños grupos, terminando siempre con una puesta en común donde se destacan las conclusiones sobre el tópico en cuestión.

Las analogías utilizadas (batallón militar, pista de baile, partido de fútbol y clase de educación física) se elaboraron en un trabajo previo atendiendo a los criterios estructurales que debían

cumplir para hacer posible el razonamiento analógico deseable y, consecuentemente, el proceso de modelización (Sánchez, Valcárcel, González y de Pro 2009). El análisis supuso:

- identificar los sistemas que se comparan: análogo y tópico;
- diferenciar los elementos que intervienen en la comparación: componentes, atributos y nexos;
- establecer la trama analógica, o relaciones entre análogo y tópico, teniendo en cuenta que deben contemplar tanto las semejanzas como diferencias y hacer explícitas las limitaciones.

A modo de ilustración, la tabla 2 recoge el resultado del análisis para la analogía del estado sólido con el modelo cinético particular, como tópico, y el batallón militar, como análogo.

Tabla 2. Trama analógica para el estado sólido: el batallón militar.

	ANALOGO	TOPICO
SISTEMA	Es el objeto de estudio.	
	Batallón militar en formación	Materia: estado sólido
ATRIBUTOS	Son características de los componentes o del sistema.	
	Todos los batallones militares están formados por soldados.	Todos los sólidos están formados por partículas.
	Entre soldado y soldado, en formación, no hay nadie.	Entre las partículas el espacio está vacío.
	Los soldados son personas de tamaño grande.	Las partículas son tan pequeñas que no pueden verse.
	Los soldados tienen masa y ocupan un espacio.	Las partículas tienen masa y ocupan un espacio.
	Todos los soldados de un batallón llevan el mismo uniforme.	Todas las partículas de una sustancia pura son iguales.
	Los soldados, sin romper la formación, pueden moverse.	Las partículas están en continuo movimiento intrínseco, llamado agitación térmica.
	Los soldados están obligados a permanecer en formación y saludar.	Las partículas están sujetas a interacciones o fuerzas de cohesión con otras.
NEXOS	Son relaciones entre los componentes y sus atributos.	
	Los soldados en formación ocupan posiciones fijas y están ordenados en filas.	En los sólidos las partículas ocupan posiciones fijas y están ordenadas.
	Los soldados en formación sólo se balancean, no pueden desplazarse ni girar.	El movimiento en los sólidos es sólo de vibración, no se trasladan ni rotan.
	La distancia entre soldados es pequeña, aproximadamente igual a su anchura.	La distancia entre partículas es muy pequeña, aproximadamente igual a su tamaño.
	La distancia entre soldado y soldado en formación es igual.	La distancia entre partículas en el sólido es igual.
	La obligación de los soldados de permanecer en formación es muy grande.	Las fuerzas de cohesión entre las partículas en los sólidos son muy grandes.
LIMITACIONES	Precisan diferencias en las relaciones entre tópico y análogo.	
	<p>Al contrario que las partículas de una sustancia pura, los soldados de un batallón no son iguales ni tienen la misma masa y volumen.</p> <p>Entre los soldados existe aire; la ausencia de soldado representa el vacío.</p> <p>Aunque pueden oscilar, los soldados deben estar quietos; el sistema no representa el movimiento continuo de las partículas.</p> <p>En el batallón no existe un efecto similar al de la temperatura sobre el movimiento de las partículas; aunque el cansancio podría tener efecto sobre el movimiento y relacionarse con la temperatura.</p> <p>Al contrario que las partículas de una sustancia pura, que están distribuidas en tres dimensiones, los soldados en formación se distribuyen en dos dimensiones.</p>	

La elaboración previa de las analogías resulta útil para comprender las potenciales dificultades y riesgos que pueden tener para los aprendices el empleo de este recurso didáctico y, consecuentemente, para tomar decisiones sobre el diseño de las actividades de enseñanza (A7, A8 y A9).

Para el desarrollo de la propuesta de enseñanza se elaboraron diversos materiales escritos, para profesores y alumnos, de los que cabe destacar el cuaderno de trabajo que el alumno debía completar de manera individual, a partir del trabajo en grupo y puestas en común. El cuaderno incluye, además de la información sobre el modelo cinético particular y los análogos de los tres estados de agregación, las tareas que se piden a los estudiantes en cada actividad, tareas cada vez más complejas dentro del proceso de razonamiento analógico que debían realizar (Sánchez 2016).

Metodología de investigación

La propuesta de enseñanza ha sido implementada en cinco centros públicos (IES) de la Región de Murcia por cinco profesores, todos al menos con cinco años de experiencia docente, en nueve grupos de 3º ESO con una muestra total de 218 estudiantes. Los profesores no fueron meros aplicadores de la propuesta sino que participaron en su diseño, discutiendo y consensuando el análisis de las analogías utilizadas y de las actividades que se llevaron al aula (A7, A8 y A9); también participaron en el diseño de la investigación, como se señala más adelante.

Para conocer la percepción del profesor se ha recogido información sobre lo ocurrido en el aula, durante su desarrollo y tras haber finalizado. La información registrada se refiere exclusivamente a las sesiones 4, 5 y 6 de la propuesta de enseñanza (tabla 1). Dicha información se estructuró en torno a tres interrogantes generales en correspondencia con la necesidad de indagar en el resultado de la implementación, otorgarle un valor a la propuesta de enseñanza y modificarla para mejorar. Los tres interrogantes fueron:

¿Qué ha ocurrido en tu clase durante el desarrollo de la propuesta de enseñanza?

¿Qué valoración te merece la propuesta de enseñanza y su desarrollo?

¿Qué cambios habría que introducir para mejorar la propuesta de enseñanza?

Para responder al primer interrogante, se optó por contar con un registro escrito sobre el trabajo realizado en cada sesión de clase. Para ello, cada profesor debía responder a un breve cuestionario cerrado, dejando abierto un espacio de observaciones donde podía añadir otras consideraciones, incidencias o valoraciones. Los ítems del cuestionario pedían a los profesores que valorasen el grado de implementación de las actividades (sí, en parte y no), el grado en que los alumnos completaron las tareas incluidas (en torno al 30%, al 50%, al 75% y al 90%), el grado de apoyo dado por el profesor (nada, poco, regular, bastante y mucho) y el grado de participación de los estudiantes en las puestas en común (nula, baja, media, alta y muy alta). Las diferentes escalas Likert elegidas para la valoración fueron previamente consensuadas por los profesores atendiendo a la posibilidad de discriminar su percepción de lo que ocurre en el aula.

A los otros dos interrogantes se dio respuesta tras finalizar la implementación de la propuesta de enseñanza, tanto de forma individual y escrita como conjunta y oralmente, esto último en una sesión de trabajo específica. Los profesores valoraron, de 1=nada a 5=mucho, diferentes aspectos de la propuesta (el enfoque general; la secuencia de contenidos; la secuencia de enseñanza; las hojas de trabajo del estudiante; y los materiales escritos de apoyo al profesor) atendiendo a cinco criterios relativos a las condiciones necesarias para que los profesores en

ejercicio incorporen las innovaciones didácticas en su práctica docente (Valcárcel y Sánchez 2000): la comprensión de la misma, la compatibilidad con sus ideas docentes, la adecuación al nivel de los estudiantes, la viabilidad en el aula, y su interés para la enseñanza de las ciencias. También se les preguntó sobre posibles exigencias relativas a la experiencia docente y a la necesidad de formación específica del profesor sobre las analogías.

Para recabar información sobre la valoración que los estudiantes hacen de las analogías, se utilizó un cuestionario cerrado con cinco ítems que preguntaban por el grado en que les habían resultado amenas, eran fáciles de entender, se les había dedicado un tiempo adecuado, les ayudaba a concebir mejor el modelo cinético particular, y les ayudaba a comprender mejor las propiedades y cambios de estado de agregación. Para ello, debían seleccionar en una escala de Likert: a) Mucho; b) Bastante; c) Regular; d) Poco; e) Nada. También se les pidió que resumieran en una frase su opinión sobre las analogías, buscando que destacaran lo que había sido más relevante para ellos.

Sobre el tratamiento de la información, a partir de los datos porcentuales de cada posición, se opta por un análisis de tendencias (nada-poco frente a bastante-mucho). En cuanto a las respuestas abiertas, se han generado categorías positivas y negativas cuando destacan argumentos relativos al aprendizaje (A+/A-), a la metodología (M+/M-) y a los análogos seleccionados (Ana+/Ana-).

Resultado de las valoraciones de los profesores

En respuesta al primer interrogante, ¿Qué ha ocurrido en tu clase durante el desarrollo de la propuesta de enseñanza?, el gráfico 1 recoge el grado de implementación de las actividades que incluye la propuesta en los nueve grupos.

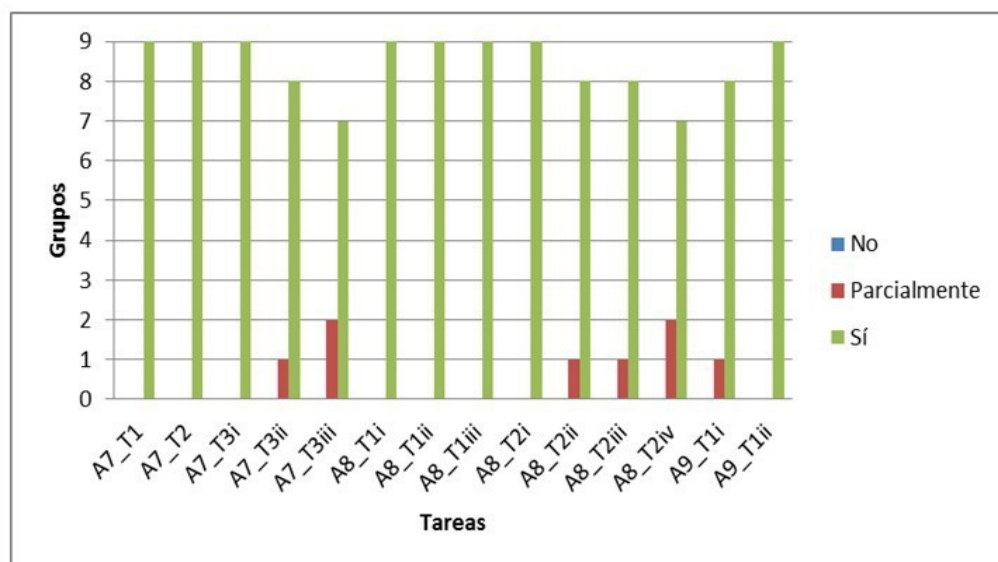


Gráfico 1. Grado de implementación de las actividades (A7, A8, A9)

Como se puede ver, las tres actividades se han implementado en muy alto grado pues los profesores han llevado a cabo ocho de las catorce tareas previstas en los nueve grupos tal como estaban diseñadas; el resto de tareas, en algunos grupos, se han realizado sólo en parte. Sin embargo, en sus aportaciones abiertas, los cinco profesores manifiestan que les ha faltado tiempo y, al considerar importantes todas las tareas, han utilizado una sesión más de lo previsto. Esto ha sido también el motivo de que algunas tareas no se hayan completado. Todos

los profesores manifiestan que la falta de tiempo se debe principalmente a que los estudiantes no están habituados a trabajar por equipos y a expresar sus opiniones. Por ello, tras completar las tareas con la analogía del estado sólido (A7), cuatro profesores decidieron, de manera independiente, que los estudiantes trabajasen por parejas o de forma individual los estados líquido (A8_T1) y gaseoso (A8_T2), al considerar que debían hacer algo similar al estado sólido. De igual modo, también decidieron que, para inventar una analogía (A9) sobre los cambios de estado, los estudiantes debían trabajar en equipo, pues era una tarea novedosa y más compleja.

Cuando se analizan los datos sobre cómo los alumnos realizan las tareas en sus cuadernos de trabajo (gráfico 2), cómo los profesores ayudan a los estudiantes durante la realización de las actividades (gráfico 3) y cómo los alumnos participan en las puestas en común (gráfico 4) se obtienen resultados más aclaratorios sobre lo que realmente ha ocurrido en el aula.

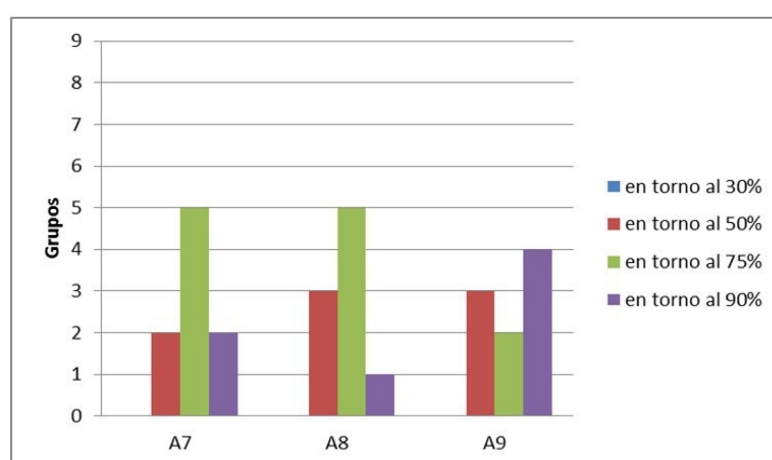
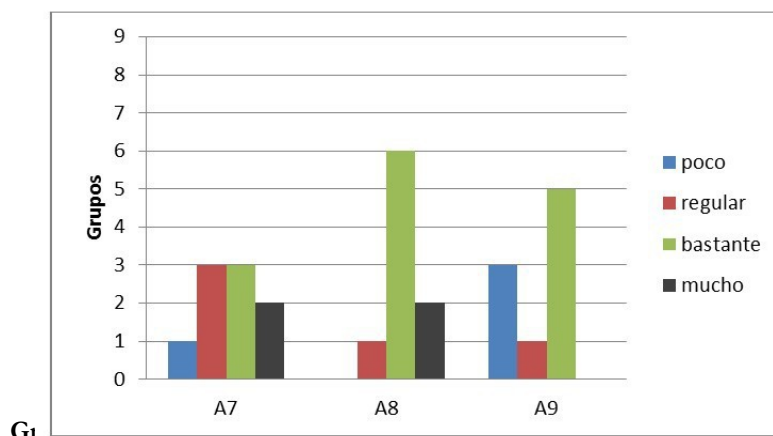


Gráfico 2. Grado de realización de las tareas por los alumnos

Aunque en la mayoría de los grupos se realizan las tres actividades completando al menos el 75% de las tareas que deben realizar (gráfico 2), son pocos los estudiantes que completan el análisis comparativo entre análogo y tópico, tal como se pedía en las hojas de trabajo del alumno, sobre todo en las analogías del estado líquido y gaseoso (A8), lo que coincide con el cambio en la dinámica de trabajo de los alumnos antes señalado. Aun así, al menos en cuatro grupos, parece que el trabajo realizado es suficiente para que los alumnos completen todas las tareas (en torno al 90 %) en la analogía del cambio de estado (A9), la más compleja. De hecho, los profesores destacaron que hubo bastantes alumnos que no utilizaron el símil propuesto e inventaron su propia analogía. También insistieron en la falta de hábito de los estudiantes, a los planteamientos metodológicos de la propuesta, como causa de las pérdidas de tiempo que explica no hayan realizado todas las tareas según lo previsto en las hojas de trabajo.

El desarrollo de las actividades ha requerido que los profesores prestaran ayuda a los estudiantes cuando realizaban las tareas de manera dispar pero con un desenlace en la última analogía que resulta positivo (gráfico 3). Así, en la primera analogía, no ha existido una tendencia clara en las ayudas prestadas mientras que, en las dos siguientes, el apoyo necesario ha sido bastante o mucho, lo que puede deberse a que la mayoría de alumnos trabajaron en parejas o individualmente; por último, para los cambios de estado (A9) es donde mejores resultados se obtienen, pues los apoyos necesarios han sido menores, lo que confirma un progreso en la capacidad de los alumnos para realizar las tareas que se les piden. Para los profesores, los estudiantes no están acostumbrados a discutir, consensuar y expresar por

escrito sus opiniones y argumentaciones, y reconocen que a algunos alumnos les resulta más cómodo decir que no lo entienden o que no tienen ganas de escribir, lo que les lleva incluso a no copiar las tareas ya realizadas por otros compañeros del mismo grupo de trabajo. Cuatro profesores comparten que a los estudiantes les resultó relativamente fácil inventar una analogía (A9), a pesar de las dificultades expresadas, ratificando que las ayudas aportadas han sido efectivas.



Por último, en el gráfico 4, podemos observar que la participación de los estudiantes en las puestas en común ha ido mejorando con el desarrollo de la propuesta de enseñanza, lo que indica un interés creciente de los alumnos por compartir sus ideas.

Se ha utilizado el estadístico t-student para constatar si han existido diferencias significativas entre los nueve grupos de estudiantes para las cuatro variables estudiadas. Los resultados muestran que tan sólo existen diferencias significativas en una variable, el grado de apoyo dado por el profesor, en dos de las tres actividades (A8 y A9), lo que nos muestra una elevada homogeneidad en la percepción de los profesores sobre lo ocurrido en el aula durante el desarrollo de la propuesta de enseñanza.

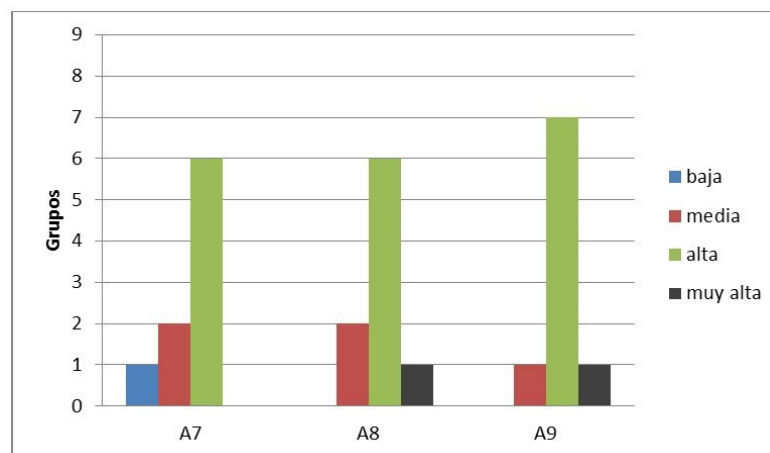


Gráfico 4. Grado de participación de los estudiantes en las puestas en común

Las respuestas al segundo interrogante, ¿Qué valoración te merece la propuesta de enseñanza y su desarrollo?, se recogen en la tabla 3 donde mostramos los valores medios que resultan del posicionamiento de los cinco profesores, dentro de la escala Likert, a los diferentes aspectos contemplados: el enfoque general, la secuencia de contenidos, la secuencia de enseñanza, las hojas de trabajo de los alumnos y los materiales de apoyo al profesor.

Tabla 3. Valoraciones de los profesores, de 1=nada a 5=mucho, sobre la propuesta de enseñanza

	Comprensión	Compatibilidad	Adecuación	Viabilidad	Interés
Enfoque general	4,2	4,4	4,6	3,8	4,6
Secuencia de contenidos	4,4	4,6	4,6	4,4	4,6
Secuencia de enseñanza	4,8	4,6	4,8	4,6	4,6
Hojas de trabajo	4	4	4,2	4	4,2
Materiales de apoyo	4,6	4,4	4,8	4,4	4,6

Globalmente, los resultados muestran que, en alto grado, los profesores dicen que han comprendido la propuesta, que es compatible con sus ideas acerca de la enseñanza, que resulta adecuada a los alumnos, que es viable en el aula y que tiene interés para la enseñanza de las ciencias. Destaca la menor viabilidad que le asignan al enfoque general de la propuesta, de nuevo explicada por los profesores por la falta de tiempo para desarrollarla de modo completo dentro del programa de la asignatura. También cabe destacar que el aspecto menos valorado sean las hojas de trabajo de los alumnos, en el conjunto de criterios, posiblemente porque las relacionan con las incidencias antes señaladas (falta de tiempo para completar las tareas que se piden en las actividades, alumnos que no responden por escrito) ocurridas durante el desarrollo de la propuesta en el aula.

Por último, sobre el tercer interrogante planteado a los profesores, ¿Qué cambios habría que introducir para mejorar la propuesta de enseñanza?, las respuestas muestran un único cambio sustantivo respecto a lo previsto: ajustar el número de sesiones, algo esperado tras lo ocurrido en el aula. En sus explicaciones, los profesores hacen hincapié en que cada profesor debe adecuar siempre la propuesta a las características del alumnado y al tiempo disponible, pudiendo eliminar algunas de las actividades si lo cree conveniente. Los cinco profesores también están de acuerdo tanto en la secuencia de contenidos que se propone (estado sólido, estado líquido, estado gaseoso y cambios de estado) como en el tratamiento dado a las diferentes analogías, lo que parece indicar que si contaran con más tiempo no pensarían en eliminar actividades o tareas de la propuesta de enseñanza. Sobre los materiales escritos utilizados, hojas de trabajo de los estudiantes y documentos de apoyo al profesor, reiteran su valoración positiva pues los consideran adecuados y útiles. Un profesor propone mejorar la presentación de las hojas de trabajo de los alumnos para que el cuaderno sea más llamativo, sin modificar su contenido y estructura.

Sobre los otros dos aspectos preguntados, la experiencia y la formación, todos los profesores consideran muy importante tener cierta experiencia docente y realizar cursos de formación para comprender bien el uso y finalidad de las analogías. También señalan que las ratios actuales son excesivas y el número de horas semanales de la materia de Física y Química, en 3º ESO, es muy escaso. Siendo conscientes de la realidad que tienen los profesores en sus aulas, manifiestan la importancia de controlar el tiempo dedicado a cada tarea, ser ágiles y saber dinamizar el grupo, lo que, dicen, se consigue a través de la experiencia. Ninguno considera que la suya haya sido insuficiente.

Resultado de las valoraciones de los estudiantes

La respuesta de los estudiantes, al ser preguntados por las analogías, en las cuestiones cerradas se recoge en la tabla 4.

Tabla 4. Valoraciones de los estudiantes, en %, sobre las analogías

	Nada	Poco	Regular	Bastante	Mucho
Las analogías han sido amenas	1	4,8	23,4	51,2	19,6
Las analogías han sido fáciles de entender	0	2,4	13,4	34,4	49,8
El tiempo dedicado ha sido adecuado	1,4	2,9	22,5	55	18,2
Me han ayudado a concebir el modelo cinético particular	1	1,9	12,4	37,8	46,9
Me han ayudado a comprender mejor las propiedades y cambios de los estados de agregación	0,5	4,3	12,9	48,8	33,5

Si analizamos la tendencia positiva (bastante-mucho) y negativa (nada-poco) en torno al valor medio (regular), se comprueba que más del 80% de los estudiantes opinan que las analogías han sido fáciles de entender, les han ayudado a concebir el modelo cinético particular y les han ayudado a comprender mejor las propiedades y cambios de los estados de agregación a nivel microscópico. Por otro lado, con un ligero descenso respecto al porcentaje anterior, el 70%, los estudiantes opinan que las analogías han sido amenas y el tiempo que se les ha dedicado ha sido adecuado, a pesar de haber utilizado una sesión más de lo previsto. Cabe destacar que los alumnos valoran algo mejor el papel de las analogías en la comprensión del objeto de estudio (son fáciles, ayudan a comprender el modelo y las propiedades y cambios de estado) que la secuencia de actividades (amenas y tiempo dedicado), lo que puede corresponder con la peor valoración del profesorado sobre el grado de realización de las tareas y el grado de apoyo prestado en las analogías de los estados líquido y gaseoso.

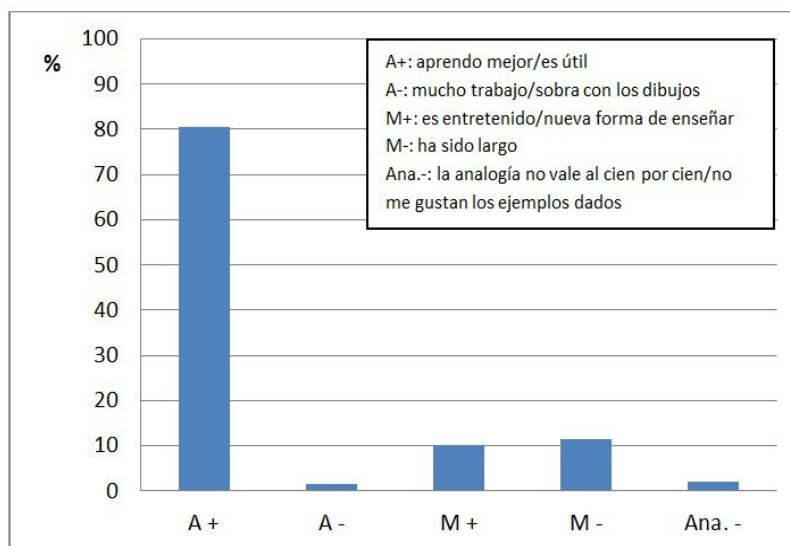


Gráfico 5. Opiniones de los estudiantes sobre las analogías

Los resultados del ítem abierto (resume en una frase tu opinión sobre las analogías), recogidos en el gráfico 5, son coherentes con los anteriores pues muestran que los alumnos perciben las analogías como algo valioso para el aprendizaje. Aunque las respuestas de los alumnos puedan incluir más de una argumentación, el 80,4% centra su valoración en aspectos positivos de su

aprendizaje (A+), destacando que el uso de las analogías ha hecho que la comprensión de la teoría cinético particular de la materia y la explicación microscópica de las propiedades de los estados de agregación y cambio de estado fuera más fácil. Por el contrario, solo el 1,9% opina que se realiza mucho trabajo y que no haría falta utilizar analogías (A-). En cualquier caso, los argumentos positivos sobre el aprendizaje destacan también, y mucho, sobre los relativos a la metodología (M+ y M-) donde aparecen valoraciones tanto positivas (entretenida, buena) como negativas (demasiado tiempo, algo aburrida, repetitiva) en porcentajes similares. Prácticamente, no se han encontrado respuestas específicas sobre los análogos utilizados (batallón militar, pista de baile, partido de fútbol y clase educación física) pues sólo aparece alguna (1,9%) valoración negativa (Ana-).

Conclusiones

Cuando una propuesta de enseñanza incorpora aspectos inusuales, como el uso de analogías, es necesario atender a las percepciones que tienen los sujetos participantes de lo que ocurre en el aula. En este caso, se constata que se han implementado las tres actividades previstas pero necesitando una sesión más de las planificadas inicialmente; también que los estudiantes no siempre han completado las tareas que debían realizar y que se ha tenido que renunciar, en el caso del estado líquido y gaseoso, al trabajo en grupo. Los cinco profesores comparten que necesitan más tiempo, sobre todo porque los estudiantes no están familiarizados con la metodología empleada. También reconocen que la progresión ha sido positiva, concluyendo con un mayor grado de realización de las tareas por los estudiantes, un menor apoyo del profesor y una participación más activa en las puestas en común, llamando la atención que esto haya ocurrido con la analogía considerada a priori más compleja, la del cambio de estado.

Aunque reconocen estas dificultades, los profesores han valorado en alto grado tanto la secuencia de contenidos propuesta (estado sólido, estado líquido, estado gaseoso y cambios de estado) como la estrategia de utilizar diferentes analogías con la metodología empleada: caracterizar el análogo, analizar las relaciones entre el análogo y el modelo cinético particular, y aplicar la analogía para explicar las propiedades y cambios de estado. Los criterios de valoración utilizados (comprensión de las analogías, compatibilidad con sus ideas, adecuación a los estudiantes, viabilidad en el aula e interés formativo) son necesarios para que los profesores incorporen esta propuesta de enseñanza en sus planteamientos docente, pero no suficientes. En este sentido, cuando valoran los materiales escritos elaborados para su desarrollo en el aula, el cuaderno de trabajo de los estudiantes y los documentos de apoyo del profesor, los consideran útiles pero llaman la atención sobre la conveniencia de realizar adaptaciones a cada contexto (alumnos, ratio, programa, ..); también sobre la necesidad de contar con suficiente experiencia docente previa y formación didáctica específica sobre las analogías para garantizar la implementación de la propuesta de enseñanza.

Por su parte, la mayoría de los estudiantes ha valorado positivamente las analogías más por su contribución al aprendizaje que por aspectos metodológicos, pues ha destacado que les ha ayudado a comprender y a utilizar el modelo cinético particular de la materia en las explicaciones de los fenómenos estudiados.

En resumen, el estudio realizado pone de manifiesto que tanto el profesorado como los estudiantes han captado la intención didáctica de las analogías empleadas. Hay que destacar la predisposición y el compromiso mostrados por el profesorado participante en la implementación de esta propuesta; también la actitud positiva en la mayoría de los estudiantes a jugar un papel más activo y participativo. Tampoco pueden obviarse las dificultades respecto a las condiciones del aula, destacadas por los cinco profesores: la falta de tiempo para desarrollar las sesiones planificadas, ratios de estudiantes muy altas con treinta o más alumnos

por grupo y escaso número de horas asignadas en el currículo oficial para impartir la materia de Física y Química. A pesar de todo, la propuesta se ha implementado en gran medida atendiendo a los presupuestos didácticos previstos al diseñarla, con unos resultados que entendemos validan la utilidad de las analogías como recurso didáctico deseable en el estudio de los estados de agregación de la materia.

Referencias bibliográficas

- Benarroch A. (2001) Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias* 19 (1), 123-134.
- Caamaño A. (2003) *La enseñanza y el aprendizaje de la química*. En M.P. Jiménez (coord.) Enseñar Ciencias, 203-228. Barcelona: Grao.
- Coll R.K., France B., Taylor I. (2005) The role of models/and analogies in science education: implications from research. *International Journal of Science Education* 27(2), 183-198.
- Dagher Z. (1995) Review of studies on the effectiveness of instructional analogies in science education. *Science Education* 79 (3), 295-312.
- Erduran S., Duschl R. (2004) Interdisciplinary characterizations of models and the nature of chemical knowledge in the classroom. *Studies in Science Education* 40, 111-144.
- Gabel D. (1999) Improving teaching and learning through chemistry education research: a look to the future. *Journal of Chemical Education* 76 (4), 548-554.
- Galagovsky L., Adúriz-Bravo A. (2001) Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias* 19 (2), 231-242.
- Garnett P.J., Hackling M.W. (1995) Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education* 25, 69-95.
- Glynn S. (1995) Conceptual bridges. Using analogies to explain scientific concepts. *Science Teacher* 62 (9), 25-27.
- Glynn S., Duit R., Thiele R. (1995) *Teaching with analogies: A strategy for constructing knowledge*. At S. Glynn, R. Duit (Eds.) Learning science in the schools: Research reforming practice, 247-273. Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gonzalez B.M. (2002) *Las analogías en el proceso de enseñanza – aprendizaje de la Ciencias de la Naturaleza*. Tesis Doctoral. La Laguna: Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna.
- Harrison A.G., Treagust D.F. (2000a) A typology of school science models. *International Journal of Science Education* 22(9), 1011-1026.
- Harrison A.G., Treagust D.F. (2000b) Learning about atoms. Molecules and chemical bonds: a case study of multiple model use in grade 11 chemistry. *Science Education* 84, 352-381.
- Jiménez-Tenorio N., Aragón L., Oliva J.M. (2016) Percepciones de estudiantes para maestros de educación primaria sobre los modelos analógicos como recurso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias* 34(3), 91-112. doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1943
- Justi R., Gilbert J.K. (2002) Modelling, teachers' views on the nature of modelling, implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education* 24(4), 369-387.

- Justi R. (2006) La enseñanza de las ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias* 24 (2), 173-184.
- Llorens J.A. (1991) *Comenzando a aprender química. De las ideas alternativas a las actividades de aprendizaje*. Madrid: Visor.
- Oliva J.M. (2004) El pensamiento analógico desde la investigación educativa y desde la perspectiva del profesor de ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 3(3), 363-384.
- Oliva J.M. (2006) Actividades para la enseñanza/aprendizaje de la química a través de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(1), 104-114.
- Oliva J.M. (2008) Qué conocimientos profesionales deberíamos tener los profesores de ciencias sobre el uso de analogías. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 5(1), 15-28.
- Oliva J.M. (2011) Cómo usar analogías en la enseñanza de los modelos y de los procesos de modelización en ciencias. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales* 69, 80-81.
- Oliva J.M., Aragón M.M. (2009a) Contribución del aprendizaje con analogías al pensamiento modelizador de los alumnos en ciencias: marco teórico. *Enseñanza de las Ciencias* 27(2), 195-208.
- Oliva J.M., Aragón M.M. (2009b) Aportaciones de las analogías al desarrollo del pensamiento modelizador de los alumnos en química. *Educación Química* 34, 41-54.
- Oliva J.M., Aragón M.M., Bonat M., Mateo J. (2003) Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias* 21 (3), 429-444.
- Pozo J.I., Gómez M.A., Limón M., Sanz A. (1991) *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: CIDE-MEC.
- Sánchez G. (coord.) (2016) *Los estados de agregación de la materia: una propuesta de enseñanza para 3º ESO basada en analogías*. Murcia: Servicio de Publicaciones y Estadística. Consejería de Educación y Universidades.
- Sánchez G., Valcárcel M.V. (2003) Los modelos en la enseñanza de la química: concepto de sustancia pura. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales* 35, 45-52.
- Sánchez G., Valcárcel M.V., González B., de Pro A. (2009) El uso de las analogías. La comprensión del modelo cinético-particular. *Novedades Educativas* 225, 55-61.
- Sanmartí N. (2009) *Didáctica de las ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- Talanquer V. (2010) Construyendo puentes conceptuales entre las varias escalas y dimensiones de los modelos químicos. *Educació Química* 5, 11-18. Recuperado de: <http://scq.iec.cat/scq/index.html>
- Valcárcel M.V., Sánchez G. (2000) La formación del profesorado en ejercicio. En F.J. Perales y P. Cañal (dir). *Didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 557- 581). Alcoy: Marfil.