

VALIDACIÓN DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA SOBRE CONDUCCIÓN DE CALOR EN ESTUDIANTES DE SECUNDARIA MEXICANOS

Paola E. Morales Gallardo
Escuela Secundaria No. 65 "Defensores de Puebla de 1863"
Universidad Pedagógica Nacional, México
paolam983@gmail.com.mx
Dulce María López-Valentín
Universidad Pedagógica Nacional, México
dvalentin@upn.mx

RESUMEN: El diseño y aplicación de las secuencias didácticas ha tenido un auge en los últimos años en el campo de Didáctica de las Ciencias. Gracias a la dualidad que éstas presentan, es posible manejarlas como objeto de investigación. Es por ello que en esta contribución presentamos los resultados de la aplicación de la secuencia didáctica con el objeto de validarla, al compararla con los modelos iniciales y los modelos alcanzados por los estudiantes (post-intervención) con un modelo teórico propuesto. En el estudio participaron estudiantes mexicanos de segundo año de secundaria (13-15 años). Los resultados indican que después de la intervención el 63% de la muestra se acercó al modelo teórico postulado (27% *modelo casi completo* y 36% *modelo completo*). Sin embargo, algunas ideas previas persisten.

PALABRAS CLAVE: conducción de calor, modelos, didáctica de las ciencias, modelización, evaluación de la enseñanza.

OBJETIVOS: El objetivo de esta contribución consiste en evaluar una secuencia didáctica sobre el fenómeno de conducción de calor basada en la modelización, aplicada a estudiantes mexicanos de educación secundaria (13-14 años); a través de identificar, caracterizar y comparar los modelos explicativos alcanzados por los estudiantes con un modelo teórico propuesto.

INTRODUCCIÓN

Hace un par de décadas el campo de didáctica de las ciencias ha visto crecer el interés y el número de las secuencias didácticas (SD) como un instrumento elemental para la organización del proceso de enseñanza y aprendizaje. En sus ámbitos de investigación, formación del profesorado y, enseñanza y aprendizaje en el aula (Couso, 2011).

De acuerdo con Méheut (2004), una SD se entiende como el diseño de una serie de actividades orientadas al aprendizaje de un tópico específico. Las SD tienen un carácter dual, pues pueden ser al mismo tiempo: un producto y un objeto de investigación.

Una de las finalidades de la educación en ciencias es la construcción de modelos científicos escolares por parte del alumnado, para explicar eventos y fenómenos del mundo natural (Pujol y Márquez, 2011). Lo anterior tiene lugar desde la ciencia escolar con un conjunto de actividades didácticas que se desarrollan para la construcción de modelos explicativos de ciencia.

MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA

El tema conducción de calor es un contenido que se considera relevante e importante para la enseñanza de la termodinámica. Para la educación en ciencias es un tema de interés, por los obstáculos epistemológicos que deben superar los estudiantes para comprenderlo, ya que ellos suelen confundir e identificar los conceptos de calor y temperatura (Domínguez *et al.*, 1998); lo cual complica la comprensión de la transferencia del calor. Para este trabajo, retomamos la definición de Çengel y Ghajar (2011) al referirse a la conducción de calor como la transferencia de energía de las partículas más energéticas de un cuerpo hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de la interacción entre esas partículas.

Para apoyar a la enseñanza de la física, en particular, al tema conducción de calor, se diseñó una SD basada en la modelización; posteriormente se aplicó a un grupo de estudiantes de secundaria y, finalmente se analizaron y compararon los resultados obtenidos para validar la SD, objeto de esta contribución. A continuación iremos detallando cada uno de estos momentos:

Diseño de la secuencia didáctica

Para el diseño de la SD basada en la modelización se partió del constructo Modelo Científico Escolar de Arribo (MCEA), definido por López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013; 2010) como un: “*Dispositivo teórico-conceptual-metodológico en el ámbito de la investigación en didáctica de la ciencia, que permite orientar el diseño, la recolección de evidencias y su sistematización, así como la evaluación de una ED [estrategia didáctica] sustentada en los modelos y la modelización*”. Para construir y operativizar el MCEA se utilizó la idea sobre modelo científico que presentan Schwarz *et al.*, (2009:633): “*representación abstracta y simplificada de un sistema que hace visibles sus rasgos clave y puede usarse para explicar y predecir fenómenos estudiados por la ciencia, que consiste de elementos, relaciones, operaciones y normas que rigen las interacciones*.” A partir de estos autores y de las categorías propuestas por Claudio (2014) se construyó el MCEA para el fenómeno de conducción de calor (Morales y López-Valentín, 2014; Morales, 2015), la síntesis del mismo, se presenta a continuación:

Tabla 1.
MCEA sobre conducción de calor

CATEGORÍAS	DEFINICIÓN PROPUESTA POR CLAUDIO (2014)	COMPONENTES PARA EL FENÓMENO DE CONDUCCIÓN DE CALOR
Elementos	Son los elementos conceptuales utilizados para representar aspectos importantes del fenómeno	Cuerpo 1 y 2 (en estado sólido) Partículas
Relaciones	Son aquellas relaciones establecidas entre los elementos o entidades detectadas por los alumnos en relación al fenómeno	Diferencia de temperatura: T_1 y T_2
Condiciones	Son aquellas situaciones que se dan o son importantes para la presencia y existencia del fenómeno, dichas condiciones pueden estar ligadas a las relaciones y elementos citados por los alumnos	Gradiente de temperatura Cuerpos en contacto

Para diseñar la SD un requisito necesario era incluir en las actividades propuestas, las categorías establecidas para el MCEA (elementos, relaciones y condiciones). Con la finalidad de darle seguimiento a éstas y, asegurar su incorporación en los modelos alcanzados por los estudiantes. La secuenciación de las actividades siguió un ciclo de aprendizaje (Sanmartí, 2002), quien sugiere que una secuencia de contenidos, para la enseñanza de las ciencias, debe partir de lo simple a lo complejo y de lo concreto a lo abstracto. Planteamiento que permite perfectamente tomar en cuenta las visiones macro (Termodinámica) y microscópicas (Teoría cinética de partículas) para la enseñanza del tema en cuestión.

Aplicación de la SD

Muestra

En el estudio participaron un grupo de estudiantes mexicanos de educación secundaria que cursaban la asignatura de Ciencias 2 con énfasis en Física, con una edad promedio entre 13 y 15 años. Esta muestra varió durante el estudio debido a inasistencia y cambios de situación académica. Con la finalidad de conocer los modelos de los estudiantes sobre el fenómeno de conducción de calor, se aplicó el mismo instrumento -cuestionario de preguntas abiertas- en dos momentos: el primero, antes de la iniciar la intervención (pre-intervención) con la participación de 36 estudiantes y al final de la intervención (post-intervención) con la colaboración de 33 estudiantes.

Análisis de los resultados

En función de las categorías de análisis propuestas (Tabla 1), se interpretó y analizó la información recuperada de los instrumentos. Como señalan Márquez y Bach (2007) es posible hacer aproximaciones sobre cómo el estudiante se apropia de un contenido científico a través de lo que escribe y de lo que dibuja. Para ello, se construyó una red sistémica (Bliss, Monk y Ogborn, 1983). Éste análisis permitió distinguir los diferentes tipos de modelos. Para el cálculo de las frecuencias, aquellas respuestas que no correspondían a la categoría propuesta se clasificaron como *Otros*, lo que puede incrementar la frecuencia relativa*. El análisis de las respuestas a los ítems del cuestionario fue realizado por separado por las autoras y, en caso de existir discrepancias en alguno, éste se revisaba nuevamente y si subsistían, se eliminaba o se solicitaba la intervención de un tercero.

A continuación se irán presentando, los resultados obtenidos antes y después de la intervención.

RESULTADOS

Modelos pre-intervención

Para esta etapa identificamos dos modelos macroscópicos inadecuados -*Macro I y II*- para explicar la transferencia de calor por conducción (Tabla 2). El primero fue representando por 13 alumnos. Con base en las categorías del MCEA, encontramos lo siguiente: respecto a los elementos del modelo *Macro I*, los estudiantes mencionan la *presencia de cuerpos, fuentes de energía*, y no relacionan el movimiento o interacción de partículas que se pudiera dar entre estos. Las relaciones que aparecen son: *temperatura y calor*, que expresan las ideas que aún prevalecen en los estudiantes sobre el calórico y, respecto a las condiciones: *cuerpos en contacto* (sin tener un contacto directo, -por ejemplo las manos cerca de una fogata-) y *Otros* que son incodificables a las categorías establecidas (por ejemplo, *equilibrio térmico*). Al analizar las tres categorías en conjunto, se comprueba lo citado por Erickson y Tiberghien (1985:95): “los alumnos tienden a relacionar el calor con los seres vivos, con las fuentes

de calor, con el grado de calor de un objeto y con los efectos de calor sobre los objetos, como los cambios de fase y la expansión”.

El siguiente modelo *Macro II* representado por 23 estudiantes, se relaciona más con las condiciones: *rayos de Sol* o *calor*, sin contacto directo con otros materiales y fuentes de energía. El cual representa un modelo macro de la transferencia de calor por radiación. Se puede decir que con base en la literatura, los alumnos en un primer acercamiento a la transferencia de calor, hacen énfasis en la transferencia de calor por radiación, ya que ésta no requiere el contacto directo de los cuerpos. Al respecto, Erickson y Tiberghien (1985) comentan que la mayor parte de los estudiantes equiparan la idea de calor a la cualidad de caliente de un cuerpo o sustancia y, lo describen procedente de una fuente de calor. Entonces llegan a hacerse conscientes del movimiento que se produce desde la fuente al objeto. Así como del proceso de calentamiento y de enfriado y, tienden a hablar de “calor” en relación de un cuerpo dentro de un continuo que va del frío al calor, por tal motivo muchos alumnos inventan la entidad de “frío” como contrapartida de “calor”.

Tabla 2.
Modelos pre-intervención (N=36)

<i>Modelos (Nivel)</i>	<i>Elementos</i>	<i>F</i>	<i>Relaciones</i>	<i>F</i>	<i>Condiciones</i>	<i>F</i>
Macro I 13/36	Cuerpos (personas 1 o más de dos)	13/36	Temperatura y calor (sustancia)	13/36	Debe haber un contacto (entre el frío- caliente y caliente-frío)	4/36
	Otros	13/36			Otros	7/36
	Fuentes de energía (Sol o rayos de Sol y fogata)	13/36				
Macro II 23/36	Materiales u objetos (sólidos, líquidos y gases)	26*/36	Otros	7/36	Debe haber calor, rayos de Sol o Sol	4/36
			Contacto no directo (material y fuente)	5/36		

Modelos post-intervención

Para esta etapa, los estudiantes lograron construir 3 tipos de modelos: uno con visión macroscópica 12/33 y dos con visión macro-microscópica: 9/33 *casi completo* y 12/33 *completo*, respectivamente. En la Tabla 3 se muestran los modelos alcanzados.

Tabla 3.
Modelos post-intervención (N=33)

<i>Modelos (Nivel)</i>	<i>Elementos</i>	<i>F</i>	<i>Relaciones</i>	<i>F</i>	<i>Condiciones</i>	<i>F</i>
Macro 12/33	Cuerpos 1 y 2	12/33	Otros	19*/33	Otros	11/33
	Otros	19*/33				
Macro-Micro casi completo 9/33	Cuerpos 1 y 2 (sólido)	9/33			Gradiente de temperatura	9/33
	Partículas	8/33			Cuerpos en contacto	6/33
Macro-Micro completo 12/33	Cuerpos 1 y 2 (sólido)	12/33	Diferencia de temperatura T_1 y T_2	12/33	Gradiente de temperatura	12/33
	Partículas	12/33			Cuerpos en contacto	12/33

El modelo *Macro* fue inferido por 12/33 estudiantes, y presenta las siguientes categorías del MCEA: como elementos: *cuerpos* y en la categoría *Otros*: material conductor al referirse a un alambre, por ejemplo. Respecto a las relaciones, y a las condiciones; las respuestas de los estudiantes son incodificables para las categorías propuestas. La falta del elemento partícula, podría deberse a la poca comprensión de la teoría cinética de partículas. Al respecto Kind (2004:26) comenta: “la idea ingenua de los estudiantes acerca de la materia se basa en el principio de -ver para creer-. Las partículas no pueden verse, de manera que éstas no necesitan existir en un modelo funcional para explicar el comportamiento de la materia”.

Por último, la muestra de estudiantes construyó 2 modelos Macro-Micro, éstos se clasificaron por separado como *casi completo* y *completo* con la única diferencia, que en el *casi completo* (9/33) no apareció la categoría relaciones y, en el último *-completo* (12/33)- están presentes TODOS los componentes del modelo teórico (MCEA).

Conclusiones

El análisis de los resultados demuestra que, en general, la SD favoreció la construcción de modelos explicativos sobre el fenómeno de conducción de calor teniendo como referente al MCEA. Sin embargo, la ausencia de la categoría relación en algunos de los modelos alcanzados, sugiere la reformulación de la actividad didáctica sobre la relación *diferencia de temperatura*, entre otros ajustes a la SD.

La visión macroscópica antes y después de la intervención, se mantiene, es decir, no presentó gran variación lo que se explica debido a la persistencia de las ideas previas que tienen los alumnos respecto a los fenómenos que no son visibles; ya que no son capaces de explicar lo que ocurre en el interior de un objeto o un cuerpo a nivel microscópico. En ese sentido resaltamos la importancia que tiene la comprensión del modelo cinético de partículas en la enseñanza secundaria, ya que es fundamental para la explicación de los fenómenos físicos y químicos en el nivel microscópico de representación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BLISS, J., MONK, M. y OGBORN., J. (1983). *Qualitative Data Analysis For Educational Reseach. A guide to uses of systemic networks*. London: Croom Helm.
- CLAUDIO, P. (2014). *La modelización del fenómeno de sublimación con alumnos de educación secundaria: a partir de una estrategia didáctica basada en la modelización*. Tesis de maestría. Universidad Pedagógica Nacional, México.
- ÇENGEL, Y. y GHAJAR, A. (2011). *Transferencia de calor y masa*. México: McGraw-Hill.
- COUSO, D. (2011). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. En A. Caamaño (Coord.). *Didáctica de la Física y la Química. Vol. II*, (pp. 57-83). Barcelona: Graó.
- DOMÍNGUEZ, J., DE PRO BUENO, A. y GARCÍA-RODEJA, E. (1998). Las partículas de la materia y su utilización en el campo conceptual de calor y temperatura: un estudio transversal. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 461-475.
- ERICKSON, G., y TIBERGHIE, A. (1985). Calor y temperatura. En R. Driver, E. Guesne, y A. Tiberghien, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, (pp. 95-97). Madrid: Morata.
- KIND, V. (2004). *Más allá de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*, (pp. 25-33). México: Santillana Aula XXI.
- LÓPEZ-MOTA, Á. y RODRÍGUEZ-PINEDA, D. (2013). Anclaje de los modelos y la modelización científica en estrategias didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, Número especial, 2008-2013.

- MÁRQUEZ, C. y BACH, J. (2007). Una propuesta de análisis de las representaciones de los alumnos sobre el ciclo del agua. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15(3), 280-286.
- MÉHEUT, M. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- MORALES, P. y LÓPEZ-VALENTÍN, D. (2014). Modelo científico escolar de arriba como una propuesta para el diseño de una secuencia didáctica sobre el fenómeno de conducción. *Revista Tecné, Episteme y Didaxis: TED, Número extraordinario*, 2254-2260.
- MORALES, P. (2015). *Construcción de modelos explicativos de la transferencia de calor por conducción: un caso en secundaria*. Tesis de maestría. Universidad Pedagógica Nacional, México.
- PUJOL, R. y MÁRQUEZ, C. (2011). Las concepciones y los modelos de los estudiantes sobre el mundo natural y su función en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En. P. Cañal (Coord.). *Didáctica de la Biología y la Geología*, (pp.71-89). Barcelona: Graó.
- SANMARTÍ, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis.
- SCHWARZ, C., REISER, B., DAVIS, E., KENYON, L., ACHER, A., & FORTUS, D. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: making scientific accesible and meaningful for learners. *Journal of Reseach in Science Teaching*, 46(6), 632-654.