



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

Unidad Didáctica basada en la modelización de fenómenos ópticos: Una experiencia de diseño para profesores en ejercicio

Didactic unit based on the modeling of optical phenomena: A design experience for practicing teachers

Unidade didática baseada na modelização de fenómenos ópticos: uma experiência de concepção para professores em exercício

Arlet Orozco Marbello¹
Rafael Amador-Rodríguez²

Resumen

Se presenta el proceso de diseño de una unidad didáctica (UD) para implementar en una comunidad de desarrollo de profesores de física, con el propósito de analizar las modificaciones que emergen en los modelos explicativos de fenómenos ópticos de los profesores expertos al promover en ellos una enseñanza de la física basada en la modelización. La UD diseñada aborda la modelización en el ámbito de la óptica, ofreciendo a los docentes una experiencia de diseño y enseñanza innovadora. El objetivo del presente documento es evidenciar cada una de las fases de la construcción de la UD describiendo la forma como se afrontaron las decisiones que atañen al proceso de revisión mediante ciclos de diseño, validación y análisis, durante los cuales se realizaron ajustes conducentes a la mejora de los momentos de la intervención. Se concluye que la unidad diseñada fue producto de un proceso de iteración teórica constante lo cual coadyuva en la identificación de aspectos esenciales a considerar para la formación continua de profesores.

Palabras clave

Unidad didáctica; investigación basada en diseño; fenómenos ópticos; profesores.

¹ Estudiante de Doctorado en Educación, Universidad del Norte (Colombia). Correo: arleto@uninorte.edu.co
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4937-7234>

² Doctor en enseñanza de las ciencias exactas y naturales, profesor investigador Universidad del Norte (Colombia). Correo: ryamador@uninorte.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2182-6402>



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

Abstract

The design process of a didactic unit (DU) to be implemented in a physics teacher development community is presented, with the purpose of analyzing the modifications that emerge in the explanatory models of optical phenomena of expert teachers when promoting in them a physics teaching based on modeling. The designed DU addresses modeling in the field of optics, offering teachers an innovative design and teaching experience. The objective of this paper is to show each of the phases of the construction of the UD by describing how the decisions concerning the revision process were faced through cycles of design, validation and analysis, during which adjustments were made leading to the improvement of the moments of the intervention. It is concluded that the designed unit was the product of a process of constant theoretical iteration, which helps in the identification of essential aspects to be considered for the continuous training of teachers.

Key words

Didactic unit; design-based research; optical phenomena; teachers.

Resumo

Apresenta-se o processo de concepção de uma unidade didática (UD) a implementar numa comunidade de desenvolvimento de professores de física, com o objetivo de analisar as modificações que emergem nos modelos explicativos de fenómenos ópticos de professores especialistas ao promover neles um ensino de física baseado na modelação. A UD concebida aborda a modelação no domínio da ótica, oferecendo aos professores uma experiência inovadora de concepção e ensino. O objetivo deste artigo é mostrar cada uma das fases da construção da UD, descrevendo como as decisões relativas ao processo de revisão foram abordadas através de ciclos de concepção, validação e análise, durante os quais foram feitos ajustes conducentes à melhoria dos momentos da intervenção. Conclui-se que a unidade concebida foi o produto de um processo de constante iteração teórica que auxilia na identificação de aspectos essenciais a serem considerados para a formação contínua de professores.

Palavras-chave

Unidade didática; design-based research; fenómenos ópticos; professores.



Objetivo

Presentar el proceso de diseño de una Propuesta Formativa para profesores (PFP) en ejercicio abordando la modelización de fenómenos ópticos.

Marco Teórico

La modelización es una actividad fundamental en la enseñanza de la física (Besson, 2009; Zamorano et al., 2011; Mantyla, 2013) abordada bajo enfoques contemporáneos que se vinculan estrechamente con una enseñanza que proporciona un sentido del mundo Izquierdo-Aymerich et al. (1999).

Los modelos de la luz históricamente han desempeñado un rol crucial para comprender su naturaleza. Estos modelos no son contradictorios entre sí, sino que representan diferentes formas de explicar y predecir el comportamiento de la luz en distintas situaciones. Cada modelo tiene sus fortalezas y limitaciones (Oh y Oh, 2011), y su elección depende del fenómeno que se está estudiando y del nivel de detalle requerido. Investigaciones realizadas sobre la enseñanza de la naturaleza de la luz a través de la modelización se han centrado en estudiar prácticas experimentales específicas, como el experimento de la doble rendija y la construcción de espectroscopios (Savall et al., 2014; Fanaro y Arlego, 2018). También se han explorado modelos basados en rayos de luz (Raftopoulos et al., 2005; Soulios y Psillos, 2016; Couso y Márquez, 2016) y el modelo ondulatorio de la luz (Yalcin et al., 2008).

La comprensión de los conceptos asociados con la naturaleza de la luz se enseña de manera escasa (Massoni y Moreira, 2010; Tuzón y Solbes, 2014), limitándose a su exposición y a ejemplos que son tomados de la vida cotidiana de forma simplista (Mumba et al. 2014). Al respecto, Bravo, Pesa y Pozo (2011) ponen en evidencia que una enseñanza tradicional de la óptica no ha resultado satisfactoria para la generación de explicaciones cercanas al modelo científico detrás del fenómeno.

Con relación a la enseñanza de la luz, Tuzón y Solbes (2014) destacan la dificultad que enfrentan los profesores en ejercicio al abordar fenómenos ópticos explicados mediante el modelo de emisión y absorción de fotones (MEAF). Por otra parte, diversos estudios indican que al tratar la dualidad onda-partícula de la luz, se presenta una oportunidad para analizar y comprender los aspectos epistemológicos involucrados en la creación de modelos



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

relacionados con los fenómenos ópticos (Henriksen, 2018; Sinarcas y Solbes, 2013). Los resultados de estudios realizados indican que los profesores tienen un conocimiento limitado acerca de los modelos (Danusso et al., 2010). Por un lado, enfrentan dificultades al trabajar con los modelos que sus estudiantes generan en el aula (Tay y Yeo, 2018). Por otro lado, los propios docentes carecen de una comprensión clara sobre la naturaleza de los modelos y su aplicación en la enseñanza de las ciencias naturales (Oh y Oh, 2011), lo cual es crucial para poder utilizarlos de manera efectiva en sus clases de ciencias (Baudino y Coleoni, 2016; Oh y Oh, 2011).

Proporcionar una educación en ciencias integral, que vaya más allá de la simple alfabetización en ciencia y tecnología, y que también promueva el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes, implica que el docente se empodere de aspectos como los mencionados anteriormente que pueden estar influyendo para que sus modelos explicativos sobre fenómenos relacionados con el MEAF estén débilmente contruidos. Entendemos los Modelos Explicativos (Mex) como construcciones de los sujetos cuya intencionalidad es comunicar la comprensión, precisamente, de un tema, de un concepto o de un fenómeno ((Amador-Rodríguez et al., 2023). Son indispensables en el aula para aclarar significados, proveer razones, hacer ver a otros lo que no es obvio (Adúriz-Bravo, 2018). Para la presente investigación, hemos tomado la acepción que hacen Braaten y Windschitl, (2011), explicaciones que están basadas en razonamientos apoyados en las evidencias que se condicen con la teoría científica del fenómeno. Estas explicaciones dan cuenta de patrones y regularidades expresadas en leyes a partir de los datos disponibles e indican causas teóricas de los eventos subyacentes al fenómeno.

Por otra parte, se afirma que desde el trabajo participativo de carácter colaborativo los docentes pueden fortalecer su conocimiento profesional (Darling-Hammond & McLaughlin, 2011). En las comunidades de desarrollo profesional de docentes (CDPD), también conocidas como comunidades de desarrollo profesoral, se forman los componentes clave para mejorar la práctica docente a través del consenso y el desacuerdo en torno a ella (Aristizábal y García, 2017). Estas comunidades ofrecen a los docentes la oportunidad de convertirse en aprendices, fortaleciendo y ampliando sus conocimientos con el fin de reevaluar sus paradigmas.

A partir de lo anteriormente expuesto se plantea la cuestión que orientó el diseño de la UD ¿Cómo diseñar una UD para analizar los MEX de los docentes de física de fenómenos ópticos que se abordan desde el MEAF a partir de su participación en una Comunidad de desarrollo profesional que les permita avanzar en sus conocimientos sobre la física óptica (ciencia erudita), naturaleza de las explicaciones de fenómenos ópticos (epistemológico) y las



estrategias didácticas pertinentes (componente didáctico) que los acerque a una enseñanza desde hechos del mundo actual en contextos con una física óptica contemporánea?

Metodología

Recurriendo al paradigma de la Investigación Basada en Diseño (IBD) se construyó una Unidad Didáctica (UD) para abordar el estudio de fenómenos ópticos para profesores en ejercicio que enseñen física en la categoría de expertos (7 o más años de experiencia docente). Teniendo en cuenta que el estudio pretende darle respuesta al objetivo central “Analizar las modificaciones que emergen en los MEX de fenómenos ópticos de los profesores expertos al promover en ellos una enseñanza de la física basada en la modelización” la UD diseñada consideró abordar los fenómenos ópticos que se explican desde el MEAF derivados de la fotoluminiscencia y la fotosensibilidad.

El diseño de las actividades se basa en ideas clave (Couso y Simo, 2021) que incluye sub-ideas relacionadas tanto con lo macroscópico (fenómenos perceptibles a través de los sentidos) como con lo microscópico (aspectos estudiados en el mundo atómico) Ver figura 1.

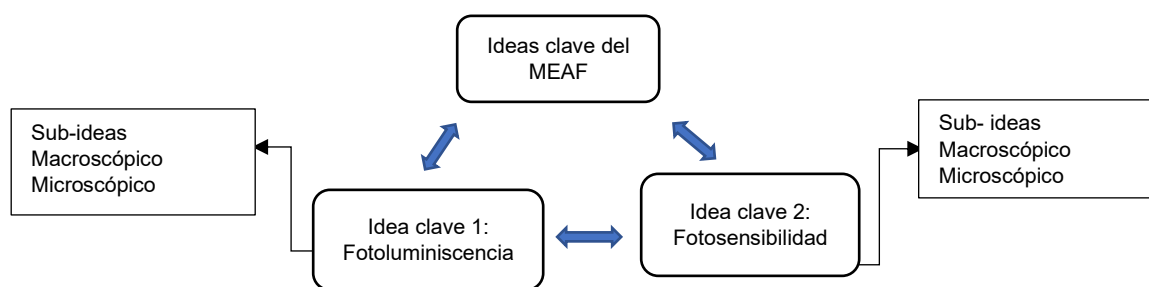


Figura 1. Construcción de las ideas clave del MEAF

Para el diseño de la UD, se acudió a los planteamientos de Jiménez-Liso et al., (2021) y Garrido et al., (2022), lo cual ayudó también a identificar los momentos de la implementación. Ver figura 2.



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

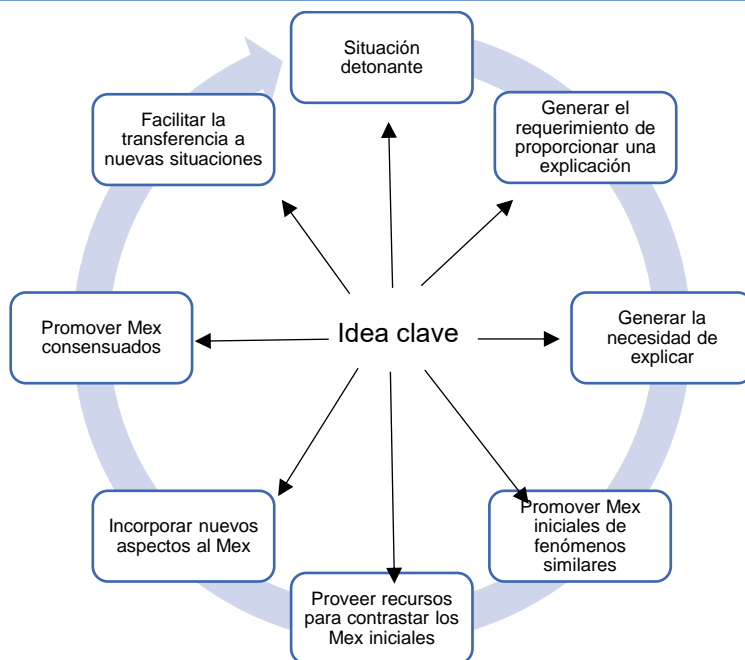


Figura 2. Ciclo del diseño de la UD para profesores en ejercicio

El proceso se realizó a través de ciclos continuos de diseño y validación teórica por expertos, análisis y rediseño por parte del investigador, lo que resultó en iteraciones sucesivas que contribuyeron a mejorar tanto el marco teórico que subsume el diseño como la intervención en sí. Ver figura 3.



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

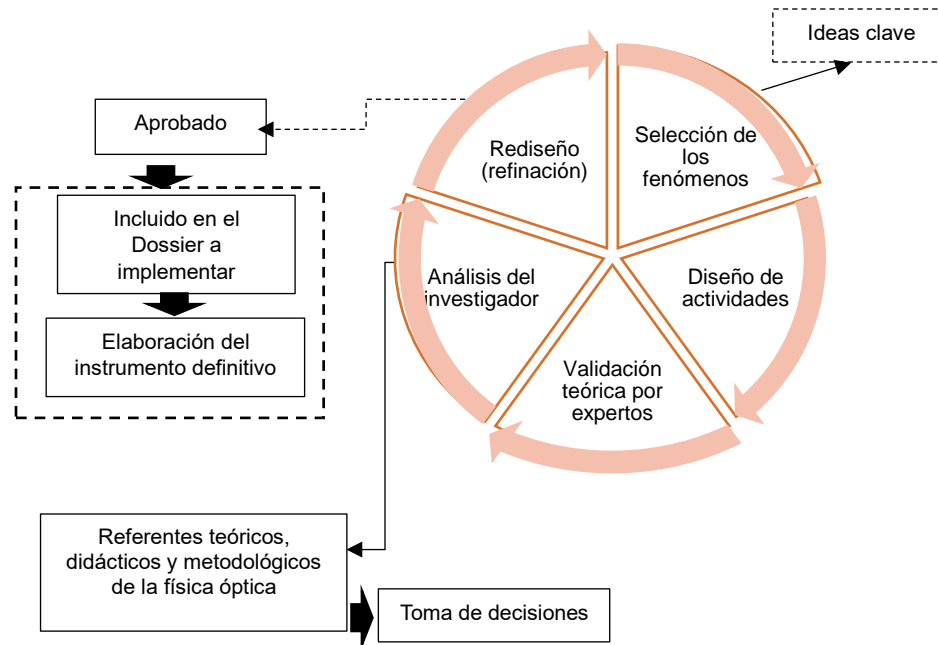


Figura 3. Ciclo del rediseño de la UD para profesores en ejercicio

Resultados

En total se realizaron 3 ciclos de revisión teórica para validar el instrumento a implementar (UD). En la primera revisión se identificaron aspectos en las ideas clave que se correspondían con el Modelo científico de emisión y absorción de fotones desde una perspectiva robusta lo cual dificultaba su abordaje dado el tiempo previsto para la implementación de la propuesta. Esto requirió revisión y toma de decisiones sobre los aspectos del MEAF que se abordarían. Se determinó eliminar aspectos a abordar (3 en total) que se referían a aspectos de la física cuántica mayoritariamente y en el otro caso, el aspecto se subsume desde otras actividades. Ver figura 4.

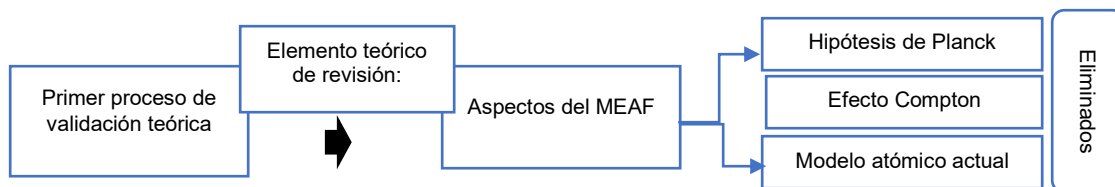


Figura 4. Resultado del primer proceso de validación teórica

En la segunda validación, se identificaron actividades que no se ajustaron al ciclo del diseño propuesto para la generación de los MEx. Para el ajuste se acudió al planteamiento de



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

Cardiello (1998), quien afirma que la modelización es una parte importante del procedimiento de andamiaje para guiar a razonamientos desde preguntas que conduzcan a incluir palabras clave que se pueden asociar, por ejemplo, preguntas del tipo como "si... entonces..."; suponer que..."; "imaginar..."; "predecir...". Lo anterior se corresponde con la modelización dado que es una estrategia didáctica que considera las construcciones individuales de cada participante, así como su interacción con los recursos disponibles (Izquierdo-Aymerich, 2014).

Esto implica favorecer una comunicación enriquecida con teorías epistemológicamente validadas a través de la construcción de una ciencia transformadora (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2021), percibida como una actividad humana en la cual los modelos desempeñan un papel fundamental. Por ello, se determinó rediseñar cuatro actividades en función de los aportes de Cardiello (1998). Así mismo se revisaron otras en función de la interacción de la luz a través de distintos procesos foto físicos de tipo radiativos (Domínguez et al., 2020). Ver figura 5.

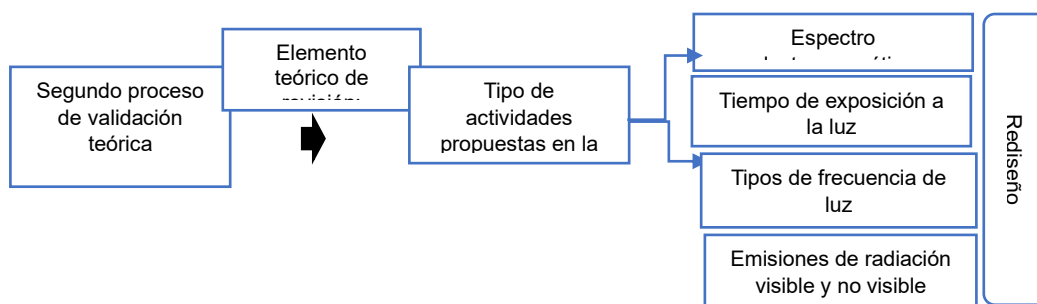


Figura 5. Resultado del segundo proceso de validación teórica

En la tercera validación, el elemento teórico referenciado fue el testeo de las actividades experimentales que ayudaran a predecir algunas explicaciones que posiblemente podían dar los profesores con respecto al fenómeno y así determinar la proximidad de tal explicación al MEAF. En esta revisión se rediseñaron dos actividades experimentales. Ver figura 6.



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

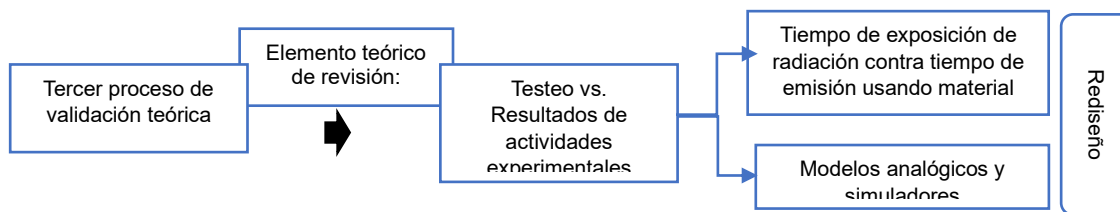


Figura 6. Resultado del tercer proceso de validación teórica
A continuación, se presenta la síntesis del proceso de diseño de la UD. Ver tabla 1.

| Proceso de validación teórica | Elemento teórico de revisión | Decisión | Número de actividades afectadas |
|-------------------------------|---|-------------|---------------------------------|
| Primero | Aspectos del MEAF | Eliminación | 3 |
| Segundo | Tipo de actividades propuestas en la UD | Rediseño | 4 |
| Tercero | Testeo vs. Resultados de actividades experimentales | Rediseño | 2 |

Tabla 1. Resultado consolidado del proceso de diseño

Conclusiones

Esta experiencia de diseño nos permite afirmar que los ciclos continuos de diseño y validación teórica por expertos es una metodología relevante para estudios cualitativos puestos en marcha en la didáctica de las ciencias naturales, ya que combina aspectos teórico-metodológicos de la didáctica con los de la metodología de la investigación.

A partir del proceso elaborado fue posible construir una UD distribuida en tres dossiers con un total de 18 consignas (tareas) que abordan el MEAF a partir de hechos del mundo actual que permiten que el docente se acerque a una física óptica desde marcos contemporáneos y que a la vez le provea recursos para robustecer sus modelos explicativos (MEx) aproximándolos cada vez más al modelo científico puro y duro de la física óptica, lo cual es esencial para su labor de enseñante.



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

La PFP se implementará a un grupo de 3 docentes en ejercicio, lo que permite someterla a un cuarto proceso de validación, el cual será de tipo práctico, completando de esta manera los ciclos de validación que desde la IBD se proponen a partir de una perspectiva investigativa que permita tomar decisiones teórica y metodológicamente fundamentadas.

Referencias

- Amador-Rodríguez, R., Insuasty, D., Méndez-López, M., Márquez, E., & Ospina-Quintero, N. (2023). Explanatory Models Derived from Context-Based Teaching: An Investigation in Undergraduate Chemistry Education. *Journal of Chemical Education*, 100, 5, 1777–1787 <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01212>
- Besson, U. (2009). Calculating and Understanding: Formal Models and Causal Explanations in Science, Common Reasoning and Physics Teaching. *Science & Education*, 19(3), 225–257. <https://doi.org/10.1007/s11191-009-9203-9>
- Cardiello, V (1998). Did you ask a good question today? Alternative cognitive and metacognitive Strategies. *Diario de docentes y alfabetización de adultos*, 42 (3), 210-219
- Couso, D. y Márquez, C. (2016). ¿Qué enseñar y aprender sobre luz? Mapa de progreso para el aula. *Revista Aula*, 249, 14-19. <https://ddd.uab.cat/record/149986>
- Couso, D. (2013). La elaboración de unidades didácticas i competencias. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 74, 12-24.
- Izquierdo-Aymerich, M., Sanmartí, N., Espinet, M. y García, M (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de las Ciencias*, Extra, 79-92
- Izquierdo-Aymerich, M. y Aduriz-Bravo, A. (2021). Contribuciones de Giere a la reflexión sobre la educación científica. *Revista de Estudios Sobre la Ciencia y la Tecnología*, 10(1), 75-87. <https://doi.org/10.14201/art20211017587>
- Izquierdo, M. (2014). Los modelos teóricos en la "enseñanza de ciencias para todos" (ESO, nivel secundario). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12209/3989>.



Revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza. Año 2023; Número Extraordinario. ISSN 2619-3531.

-
- Mäntylä, T. (2013). Promoting conceptual development in physics teacher education: Cognitive historical reconstruction of electromagnetic induction law. *Science & Education*, 22(6), 1361–1387. <https://doi.org/10.1007/s11191-012-9460-x>
- Mumba, F., Mbewe, S., y Chabalengula, V. M. (2014). Elementary School Teachers' Familiarity, Conceptual Knowledge, and Interest in Light. *International Journal of Science Education*, 37(2), 185–209. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.971906>
- Oliva-Martínez, J. y Aragón-Méndez, M. (2009). Contribution of learning with analogies to the modeling thought of science students. *Enseñanza de las Ciencias Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 27(2), 195-214. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3731>