



Modelos científicos escolares: desafíos y hallazgos de una práctica docente de residencia

EJE Nº 1 TRAYECTORIAS

Relato de experiencia pedagógica

Miguel Martín Mancini^(*), Gimena Betina Fussero y Priscila Ariadna Biber
Departamento de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología, Facultad de Ciencias Exactas,
Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba
^(*)miguel.mancini@mi.unc.edu.ar

RESUMEN

Los modelos, tanto en la ciencia como en su enseñanza, actúan como mediadores entre el campo teórico y el campo empírico de manera que enseñar ciencias consistirá, entonces, en promover la construcción de modelos o modelizar. Dichos modelos científicos escolares (MCE) se convierten en modelos provisionales que permiten interpretar diferentes fenómenos, es decir, les posibilitan a las y los estudiantes, pensar teóricamente sobre el mundo.

Considerando a los modelos desde la perspectiva modelo-teórica, y a la modelización como práctica científica, se diseñó una planificación para la práctica docente de residencia en un curso de tercer año de Nivel Medio. La propuesta didáctica consistió en el desarrollo de la UD Sistema Urinario, bajo un enfoque sistémico, donde se propusieron actividades tendientes al desarrollo de MCE con distintos niveles de progresión y en distintos formatos. Los cierres parciales implicaron la construcción de modelos 3D. Se aprecia que estos modos de trabajo son novedosos para los estudiantes y se leen como actividades altamente desafiantes. Por otro lado, las representaciones suelen estar al servicio de "imágenes eruditas" encontradas en fuentes bibliográficas, pero con adaptaciones propias y elementos lúdicos. Asimismo, se infiere que este trabajo con maquetas contribuyó a que los estudiantes comprueben dimensiones teóricas.

PALABRAS CLAVE: Modelizar; Actividad científica; Conocimiento tóxico; Vías de tránsito



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene su génesis en una experiencia docente derivada de la modelización como práctica científica. A los fines de contextualizar, la misma consistió en el armado y realización de modelos 3D (maquetas) del Sistema Urinario, a propósito de una de las Unidades Didácticas (UD) de tercer año, Ciclo Orientado, espacio curricular Biología, bajo un doble contexto: docente suplente por un lado, y practicante de residencia para obtener el grado de “Profesor en Ciencias Biológicas” (Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba), por otro.

Esta instancia de modelización fue diseñada con carácter evaluativo y transpuesta en una escuela de gestión privada en la ciudad de San Carlos de Bariloche, Río Negro.

Modelos Científicos Escolares

El sentido de esta experiencia estuvo puesto en las prácticas de modelización, con el fin de recuperar prácticas científicas auténticas y mediar genuinamente el proceso de construcción de conocimiento. Un modelo puede entenderse como un puente o mediador que conecta una teoría y un fenómeno (Adúriz-Bravo, 2012; Giere 1999; Gilbert y Justi, 2016, Oh y Oh, 2011). En este sentido Giere (1999) propone que la teoría se entendería como un conjunto de modelos organizados y jerarquizados. Los procesos de modelización se centran en el tránsito del fenómeno al modelo, o de lo concreto a lo abstracto y viceversa, considerando el contexto de aplicación, e insertos en una ciencia escolar, que refiere a la construcción de modelos en el contexto de las clases y a la posibilidad de que el alumnado comprenda el mundo haciendo, pensando, comunicando e integrando valores y maneras de intervenir en la realidad (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003). Esta postura, congruente con la visión semiótica de los modelos, los considera como el centro de la parte aplicativa de una teoría. Los modelos son vistos como «proyecciones» de la teoría en el mundo, se les llama sus «realizaciones posibles» (Adúriz-Bravo, 2010). Así, por una parte, los modelos enseñados proporcionan una representación externa (RE) adaptada al modelo científico de referencia, fruto de su transposición didáctica. Pero, por otra parte, los modelos han de ser construidos internamente por los propios alumnos, mediante procesos de andamiaje que apelan, entre otros, a recursos externos, muchos de los cuales pueden ubicarse dentro de la categoría de *modelos analógicos escolares* (Oliva, 2019). A través de las RE es posible negociar y regular los significados que el estudiantado pone en juego y visualizar el modelo científico escolar al cual arriban



(Ocelli et al., 2022). En este sentido, el armado de maquetas, puede ser una excelente oportunidad como RE tridimensional de un modelo científico.

Enfoque Sistémico

Esta experiencia fue posible bajo la directriz de un enfoque sistémico. A propósito de explorar nuevas posibilidades en el acto pedagógico, resignificar el contenido de la UD y mediarlo de manera genuina, fue el *leitmotiv* de la práctica de residencia. Acompañar el desarrollo de esta UD bajo el enfoque sistémico, fue sumamente desafiante. En primer lugar, debido al estatus de novato del practicante en el dominio del enfoque. En segundo lugar, porque llevarlo a cabo implica desentrañar una lucha territorial: hay un espacio de disputa del territorio histórico, ya que *una gran parte de los modelos científicos de las Ciencias Biológicas que se transponen en contenidos destinados a la enseñanza en la escuela secundaria versan sobre la dimensión organizativa de la vida, con cierto énfasis en el reconocimiento de nombres de estructuras* (Bermudez y Ocelli, 2020), en detrimento con lo que propone el enfoque sistémico; disputa del territorio epistemológico también puesto que el enfoque sistémico debe luchar contra *el centrismo en la nomenclatura (...) de un modelo de la disciplina biológica de carácter atóxico, con reminiscencias del positivismo lógico* (Adúriz-Bravo y Erduran, 2003); y una disputa del territorio cultural, ya que escuela y docentes se suelen amparar en las tradiciones, en modelos pseudoeruditos (Jackson, 2002) o en la gestión de la urgencia (Perrenoud, 2004), dejando de lado el desafío y la labor de lo nuevo y riesgoso de implementar este enfoque sistémico.

Bajo este enfoque, la intención estuvo puesta en trabajar cuatro ideas clave para el/los modelo/s del Sistema Urinario -continuidad, interacción, transformación e integración- tomadas y modificadas de Bahamonde y Gómez Galindo (2016).

DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Como punto de partida de las reflexiones, se exponen transcripciones de los alumnos (extractos de respuestas derivadas de un dispositivo de evaluación de la Enseñanza), que representan las evidencias y los insumos más apropiados para orientar el análisis, ya que todas ellas indican aspectos claves de la modelización y el trabajo con MCE:

- ❖ *Al hacer la maqueta te da una mejor interpretación de lo visto en clase.*
- ❖ *En la maqueta, pude identificar y entender todo mejor*
- ❖ *Aprendí más con la maqueta ya que entendí las partes y funciones y procesos*
- ❖ *En la maqueta al tener que investigar detalladamente el sistema para armarlo lo entendí mucho más*
- ❖ *En la evaluación sobre el sistema urinario, ya que en ese formato investigamos y*



4° JORNADAS sobre Las Prácticas Docentes en la Universidad Pública

edu
especialización
en docencia
universitaria

Dirección de
Investigación y Desarrollo
Proyecto de Investigación
SECRETARÍA DE
ASUNTOS ACADÉMICOS



tuvimos que producir explicaciones.

- ❖ *Haciendo la maqueta, ya que construirla me obligó a averiguar por internet, aprender más sobre los procesos y buscar materiales lo más parecidos para hacerla.*
- ❖ *En la maqueta, porque busque mucho y aprendí bastante cosas nuevas, también aprendí escuchando a los otros compañeras*
- ❖ *Aprendí mucho en las actividades de los modelos ajustados porque nos incentivaban a participar y nos hacían exponer lo que sabíamos y de esta forma pude corregir muchas cosas*
- ❖ *Fue divertido y además me lo aprendí mucho más haciéndolo yo*
- ❖ *Porque eran interactivas y podíamos aprender de otra forma un poco más entretenida.*
- ❖ *Me parece aburrido/innecesario y me pone nerviosa tener que presentarla enfrente de un aula de mis compañeros*
- ❖ *Al hacerlo pude ver los conceptos a fondo*

Tan profundas reflexiones, y precisamente porque el resultado de llevar al aula la noción de modelos implica trascender del papel, buscar nuevas formas, investigar, explicar, interpretar, enojarse, estresarse, etc., considérese que la modelización es una práctica obligada de nuestro ejercicio profesional como docentes de ciencias y del compromiso que asumimos por doble partida: compromiso con los alumnos y con aquella ciencia que nos maravilla. Es por ello que el practicante adhiere a esta fuerza motriz para trabajar con MCE: *¿Qué desafíos cognitivos debemos superar para desarrollar visiones científicas y profundas del mundo?* (Harvard Project Zero).

No hay una única manera de entender estas representaciones simbólicas acerca de los fenómenos del mundo. Ni tampoco hay una única forma de construirlos. Por el contrario, asumen su riqueza en la diversidad. Tal problemática semiótica y epistemológica, no queda exenta del espacio áulico, y esta práctica no fue la excepción. Esto se vislumbra en las transcripciones mencionadas anteriormente, ya que se seleccionaron un puñado que hablan sobre las maquetas, y la mayoría lo hacen de manera positiva. Sin embargo, es inevitable dejar de considerar lo sucedido con otras actividades desarrolladas durante clases previas desde el inicio de la práctica de modelización. ¿Por qué no fueron las más memorables?, ¿Qué es lo que hace que un modelo sea garante de mayor entusiasmo que otros?, ¿Cuáles son los desafíos en todos los casos? El desafío de los MCE está en desandar la transposición didáctica por un lado (Bermudez, 2018) y algunas competencias científicas por el otro. Ambas aristas constituyen un proceso laborioso, y en ese sentido, aunado a otras dificultades de la práctica de carácter pedagógico-didáctico-administrativo, los modelos iniciales pueden leerse como aquellos que requieren mayor esfuerzo. Se toma carrera, y parece que el proceso de avance culmina con la presentación de las maquetas. Ya que los MCE funcionarían como *“alguna cosa que promovería la unión entre la teoría*



científica y las propiedades inferidas de un sistema” que se ha seleccionado para su estudio en clase por su valor educativo (Adúriz-Bravo, 2012), resulta inevitable realizar una reminiscencia al enfoque sistémico. Otra hipótesis es que, trabajar con MCE solo en ese espacio curricular, puede quedar “corto”: estos modelos van adquiriendo significado para los alumnos a medida que se aplican a contextos diversos y se usan para interpretar distintos hechos del mundo, (...) su utilización a lo largo de la escolarización permite profundizar en la construcción de significados que progresivamente se enriquecen, al tiempo que se hacen más complejos y abstractos (García Rovira, 2005). Esta cita se entrelaza con una punta interesante que manifiesta Acher (2014), y que interpela al practicante a nivel del desafío y la necesidad de revisar constantemente el devenir de los modelos de los estudiantes: abordar estos constructos y mecanismos explicativos en los modelos que generan los estudiantes en diferentes etapas de la vida escolar es, sin ninguna duda, una tarea ambiciosa.

Por otro lado, la decisión de trabajar con MCE, responde a la pregunta de Gil Pérez et al.(2005): *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?* La orientación del aprendizaje como una investigación activa y sistémica, donde el estudiante es protagonista, priva de sentido a la separación de “la teoría”, “las prácticas” y “los problemas” que, conviene notar, no guarda paralelismo alguno con la actividad científica real. *En la medida en que pretendamos proporcionar a los estudiantes una visión correcta del trabajo científico, el tratamiento por separado de aspectos que en la actividad científica aparecen absolutamente imbricados, se convierte en un factor distorsionante, es decir, en un obstáculo* (Gil-Pérez et al., 1999). Precisamente, por lo que expresaron muchos de los alumnos, el trabajo con estos modelos, y más específicamente con las maquetas tridimensionales, les ha aportado un mayor acercamiento a la actividad científica genuina y han podido construir las relaciones que se consideran claves para revisar los sistemas (lugares/elementos, procesos, transformaciones y propiedades), bajo las ideas de continuidad, interacción, transformación e integración (Bahamonde y Gómez Galindo, 2016); y para aprender ciencia puesto que aprendieron a dar sentido al Sistema Urinario utilizando modelos cada vez más complejos. Es decir, han incorporado en sus trayectorias escolares a la modelización, cual competencia científica, aún sin saberlo. ¿El practicante puede hacer extensiva esta apreciación a partir de sólo algunas opiniones? Por supuesto que no. Sobre todo porque no todas las opiniones son coincidentes. Una de ellas, inclusive, es una gran antítesis de esta síntesis interpretativa. Y si bien no se tomará a



4° JORNADAS sobre Las Prácticas Docentes en la Universidad Pública

edu
especialización
en docencia
universitaria

Dirección de
Investigación y Desarrollo
Procesamiento de Datos
SECRETARÍA DE
ASUNTOS ACADÉMICOS



la crítica como un caso aislado, en la mayoría de las maquetas y fichas técnicas con sus dificultades, incertezas y ausencias, el estudiantado ha demostrado que pudo construir producciones significativas y de calidad.

Haber podido tender este puente entre los procesos de construcción de modelos en el ámbito científico con el contexto escolar, promover la capacidad de organizar y promover las ideas que expresan los estudiantes acerca de fenómenos naturales, así como la de debatir y alcanzar consenso sobre estas ideas representadas mientras buscan dar sentido a los fenómenos que tienen entre manos (Acher, 2014) y aventurarse a tomar el desafío; son acciones que podrían imbricarse en una secuencia de buena práctica de enseñanza. Por ello, se trabajó bastante en el sentido de intentar establecer relaciones explícitas y significativas entre los elementos de los sistemas, distintas propiedades, integrar transformaciones, procesos y distintos niveles de organización. Durante las clases, se dialogó sobre lo importante de que el sistema urinario, o cualquier otro sistema orgánico, trabaje en armonía y colaboración con otros sistemas de los organismos. Hay aquí dos aspectos nodales que nos invitan a la reflexión: 1- didácticamente, trabajar con modelos, es realizar un “trabajo de hormiga”, en tanto el ciclo de modelización es complejo (Oliva 2019). No hay trabajo de modelización que rinda sus frutos a la brevedad, y por ende, las lógicas capitalistas de productividad del aula aquí se desvanecen. Se asiste, entonces, a uno de los principios fundamentales de la pedagogía y la didáctica, y es que muchas veces la producción del aula es poco perceptible o no lo suficientemente vasta como debiera ser. Este pensamiento de ponderar lo *estrictamente evidente* es riesgoso, porque nos instala en el discurso mercantilista de acumulación de un capital o producto (Freire, 1985) y puede trivializar el trabajo del curso (Litwin, 2016). Esa producción, siempre está en función de los objetivos planteados. Aquello que puede parecer un logro mínimo, en realidad puede representar un gran desafío para el grupo. Nunca olvidar que en este trabajo, los estudiantes están haciendo más, están pensando más, están actuando más, que lo que uno percibe o se visibiliza (*analogía del iceberg*, De Longhi, 2018). De todas maneras, me vuelco a mis adentros y siempre reflota la pregunta latente de <¿he hecho lo suficiente?> (manifestaciones del practicante). 2- el otro aspecto que emerge es de naturaleza epistemológica. ¿Los sistemas trabajan en armonía y colaboración?, ¿cobran vida?, ¿son seres psicológicos y emocionales? Un aspecto rutilante de la enseñanza de la biología es la utilización de explicaciones de índole teleológica y antropomórfica (Castro Moreno y Valbuena Ussa, 2018). ¿Esto es



Resulta relevante también, añadir otros dos aspectos positivos de estos modelos tridimensionales: i) En varias producciones se visualizaba un aspecto recurrente: el “zoom”. En varias de las maquetas quedó manifestada la necesidad de profundizar sobre el sistema urinario más allá de los órganos componentes, y explicitar otros niveles de organización necesarios: la nefrona en la mayoría de los casos, los esfínteres en otros, etc. Esta herramienta del zoom permite hacer un recorrido recursivo por el fenómeno con el que el modelo pretende dialogar. *Es como si después de un plano general realizáramos sucesivos zooms de un mismo paisaje, cada nuevo enfoque permite conocerlo mejor pero sin perder nunca de vista el plano general que nos permite interpretar el conjunto.* Este paisaje con sus macros y sus micros, también es construido por lo acontecido diacrónicamente (García Rovira, 2005).



Figura 2: Dos modelos 3D (maquetas) del Sistema Urinario, con plano general (disposición y localización de órganos), y zoom hacia la nefrona.

El mismo análisis se puede hacer extensivo: *consideramos que cada uno de los hechos interpretados a partir del modelo junto con las actividades realizadas en el aula para su construcción funciona como una hipótesis teórica del mismo a la vez que pasa a formar parte del propio modelo enriqueciéndolo* (García Rovira, 2005). La Figura 2 pone de manifiesto algunas muestras de dicho recurso.

ii) Se reconoce un gran esfuerzo por intentar integrar procesos. La filtración y la expulsión de orina a través de la uretra son los procesos más elegidos. Quizás por su facilidad para introducirlos en las producciones sin mayores inconvenientes. Lo cierto es que este era un criterio de evaluación, por lo cual, su integración también pudo deberse a la obligatoriedad y/o al valor formativo que tienen estos procesos para la comprensión sistémica de los fenómenos que allí subyacen. Más allá de las razones



que estén mediando estas incorporaciones, sin duda resultan atractivas y altamente representativas del contenido de la UD¹.

CONCLUSIONES

Algunos cierres parciales respecto a lo reflexionado sobre los MCE y las prácticas de modelización, dan cuenta de que estos modelos pueden ser interpretados como vías de tránsito. Coincidimos con Russ et al. (2008) en que *las ideas de los estudiantes acerca de las causas que explican fenómenos científicos están normalmente “en vías de desarrollo”*, y como tal, es lógico que sus constructos teóricos también sean transitorios, de carácter provisional, a medida que se avanza entre desafíos cognitivos y nuevos problemas. En este sentido, la construcción de los modelos, de las maquetas en particular y las huellas de los caminos que cada uno fue reconociendo de manera más autónoma, son situaciones que estimamos, han sido promovidas por la instalación de tareas instruccionales (Talanquer, 2017). Consideramos que el uso de MCE que dirigieron las secuencias didácticas y las prácticas en el aula, implican una labor mayor a la prevista, la mayoría de las veces. En consecuencia, dicha obra debería ser extensiva en el tiempo, es decir, no agotarse en la instancia de presentación o de evaluación sumativa, para que realmente tome fuerza su carácter de recursividad, y promueva procesos pragmáticos y epistémicos. El practicante recuperó de su práctica de residencia grandes potencialidades para seguir abordando la enseñanza de la Biología y de las Ciencias Naturales en general. Con seguridad, nada es permanente. Y es allí donde la educación se adueña de la perplejidad. Esta visión de cambio constante demanda estrategias didácticas que contemplen la elaboración de entidades dinámicas que se ajusten progresivamente ante desafíos cognitivos. Adviértase que estos procesos de cambio requieren tiempo y son evolutivos en tanto, entre modelo y modelo, se conservan las potencialidades que le otorgan sentido a cada producción.

BIBLIOGRAFÍA

¹ No se incluyen fotos de los procesos de las maquetas, puesto que sólo se perciben bien en formato video. En otros casos, como la presentación no incluyó un video, estos procesos sólo pudieron exteriorizarse en el acontecimiento de la jornada de defensa presencial.



Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, episteme y didaxis: TED*, 36, 63-75. DOI: 10.17227/01213814.36ted63.75

Adúriz-Bravo, A. (2012). Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación Química*, 23, 1-9. DOI: 10.1016/S0187-893X(17)30151-9

Adúriz-Bravo, A. (2010). Hacia una didáctica de las ciencias experimentales basada en modelos. A 'CiDd: II Congr s Internacional de Did ctiques 2010'. Girona: Universitat. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10256/2774>

Adúriz-Bravo, A., & Erduran, S. (2003). La epistemología específica de la biología como disciplina emergente y su posible contribución a la didáctica de la biología. *Revista De Educación En Biología*, 6(1), 9–14. Disponible en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaadbia/article/view/36672>

Bahamonde, N. y Gómez Galindo, A.A. (2016). Caracterización de modelos de digestión humana a partir de sus representaciones y análisis de su evolución en un grupo de docentes y auxiliares académicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 34 (1), 129-147. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.1748

Bermudez, G.M.A., y Occelli, M.E. (2020). Enfoques para la enseñanza de la Biología: una mirada para los contenidos. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 39, 135-148. DOI: 10.7203/DCES.39.16854

Bermudez, G.M.A. (2018). Sobre transposiciones avejentadas y despersonalizadas: una oportunidad para el profesor en formación para la vigilancia epistemológica de los saberes. En A. L. De Longhi (Comp.), *Cuadernos de didáctica para la formación docente inicial y continua 2. Fundamentos didácticos para enseñar Biología* (pp. 114-178). E-book. Córdoba: FCEfYn (UNC).

Castro Moreno, J. A., & Valbuena Ussa, É. O. (2018). Algunas relaciones entre la autonomía de la Biología y la emergencia de su Didáctica: consideraciones sobre la complejidad de enseñar una ciencia compleja. *Ciência & Educação*, 24, 267-282. DOI: 10.1590/1516-731320180020002

De Longhi, A. L. (2018). La comunicación didáctica. Algunos fundamentos. En De Longhi, A. L. *Fundamentos para la enseñanza de las ciencias. Concepciones alternativas, transposición y comunicación* (pp.72-112). Córdoba: FCEfYn, UNC.

Edwards, V. (1997). Las formas de conocimiento en el aula. En Rockwell, E. (ed.). *La escuela cotidiana*, México: Fondo de Cultura Económica.



FECyT Ciencia (2021). Debate: Enseñar ciencias por indagación: ¿reconocimiento o resistencia? (con Jiménez Liso, M.R., y Hernández, L.). Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=Y9JpIMCMFbQ&t=267s&ab_channel=FECYTCiencia

Freire, P. (1985): *Pedagogía del oprimido*. Montevideo, Tierra Nueva. México, Siglo XXI Editores.

García Rovira, M. P. (2005). Los modelos como organizadores del currículum en biología. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VII Congreso.

Giere, R. N. (1999). Using Models to Represent Reality. En L. Magnani, N. J. Nersessian y P. Thagard (Eds.), *Model-Based Reasoning in Scientific Discovery*, (pp. 41-58). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.

Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez-Torregrosa, J., Sifredo Barrios, C., Valdés, P., y Vilches Peña, A. (2005). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica?. Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago de Chile : Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe. ISBN 956-8302-37-9, 476 p.

Gil Pérez, D., Furió Más, C., Valdés, P., Salinas, J., Dumas Carré, A., Martínez-Torregrosa, J., y Pessoa de Carvalho, A. M. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2): 311-320. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.4094

Gilbert, J. K. y Justi, R. (2016). *Modeling-based teaching in science educations*. Cham, Switzerland: Springer Nature.

Izquierdo-Aymerich, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12 (1), 27-43. DOI: 10.1023/A:1022698205904

Jackson, P.W. (2002). *Práctica de la enseñanza*. 1º Ed. Buenos Aires: Amorrortu.

Litwin, E. (2016). El oficio del docente y la evaluación. En Litwin, E., *El oficio de enseñar. Condiciones y contextos*. 1º edición (pp. 165-194). Buenos Aires: Paidós.

Occelli, M., Pomar, S. y Gómez Galindo, A.A. (2022). Modelizar y construir representaciones externas sobre la síntesis de proteínas: un estudio de diseño en la escuela secundaria. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 42, 119-136. DOI: 10.7203/DCES.42.20945



Oh, S. P. y Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: an overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130. DOI: 10.1080/09500693.2010.502191

Oliva, J.M. (2019). Distintas acepciones para la idea de modelización en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 5-24. DOI: 10.5565/rev/ensciencias.2648

Perrenoud, P. (2004). *Desarrollar la práctica reflexiva en el oficio de enseñar: profesionalización y razón pedagógica*. 1º edición, Barcelona: Graó.

Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D. y Mikeska, J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for discourse analysis developed from philosophy of science. *Science Education*, 92, 499-525. DOI: 10.1002/sce.20264

Talanquer, V. (2017). Tres elementos fundamentales en la formación de docentes de ciencias. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología-Tecné, Episteme y Didaxis (ted)*, 41: 183-196. DOI: 10.17227/01203916.6043