

ARTÍCULO DE REVISIÓN TEÓRICA

Influencia de la Metacognición en la Elaboración de Modelos Matemáticos de La Cinemática con Estudiantes de educación media

Parra, Paulo Andrés

Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología UMECIT

pauloparra.est@umecit.edu.pa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0420-8354>

Muñoz Hernández, Helmer

Director Tesis UMECIT

Docente Universidad del Sinú

helmermunoz@unisinu.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2445-6585>

Resumen

La metacognición está relacionada con la forma en que los seres humanos reflexionan sobre sus procesos de pensamiento y la manera en que aprenden. Según Flavell (1976) la metacognición implica el conocimiento de la propia actividad cognitiva y el control sobre dicha actividad. Por otro lado la modelación matemática es un método de enseñanza, que permite al estudiante no solamente aprender sobre las matemáticas de manera aplicada a otras áreas del conocimiento en este caso la física, sino también mejorar la capacidad para leer, interpretar, formular y solucionar situaciones problema.

Esta propuesta busca crear una sinergia entre la metacognición y la modelación matemática que facilite el aprendizaje de la cinemática lineal, para lo cual se propuso el objetivo: analizar la influencia de un plan de estrategias metacognitivas en la formulación, desarrollo y elaboración de modelos matemáticos que expliquen problemas reales de la cinemática lineal con estudiantes de educación media. Se plantearon cuatro fases para el desarrollo del proyecto de las que se enuncian sólo las dos primeras, debido a que este trabajo es sólo de revisión teórica:

1. Fase conceptual: en donde se realizó la formulación y delimitación del problema, la revisión de la literatura y el marco teórico; por último se realizó la construcción de la hipótesis de trabajo.
2. Fase de planeación y diseño: En esta fase se definió el enfoque, el alcance del estudio, así mismo se determinaron las dos variables de estudio la dependiente (La modelación matemática) y la independiente (Estrategias metacognitivas) y su respectiva operacionalización, por otro lado se determinó la muestra objeto de estudio y se plantearon las hipótesis estadísticas.

Palabras clave: Enseñanza cinemática; modelación matemática; metacognición

Abstract

Metacognition is related to how human beings reflect on their thought processes and how they learn. According to Flavell (1976), metacognition implies the knowledge of one's own cognitive activity, as well as the control over such activity. On the other hand, mathematical modeling is a teaching method, which allows students not only to learn about mathematics and apply it to other areas of knowledge, such as physics in this case, but also to improve their ability to read, interpret, formulate, and solve troubles.

This proposal aims at creating a synergy between metacognition and mathematical modeling, which facilitates the learning of linear kinematics. Consequently, the following objective was proposed: to analyze the influence of a metacognitive strategy plan on the formulation and the development of mathematical models that explain real problems of linear kinematics with students of secondary education. During the project development four phases were proposed, which only the first two are enunciated, because this work is only a theoretical review.

1. Conceptual phase: it encompasses the formulation and delimitation of the problem, the literature review, and the theoretical framework. Moreover, the main hypothesis was developed.

2. *Planning and design phase: in this phase, the focus and the scope of the study were outlined, and two study variables were determined: the dependent (mathematical modeling) and the independent (metacognitive strategies), as well as their operationalization. In addition, the sample for the study was defined and the statistical hypotheses were established. Regarding the instruments for data collection, they are in the design stage, for further testing of validity and reliability.*

Keywords: *Kinematic teaching; mathematical modeling; metacognition.*

Date of Submission: 11-03-2025

Date of acceptance: 24-03-2025

I. Introducción

Una de las mayores dificultades que surgen al momento de enseñar la física en el nivel de la educación media, tiene que ver con la gran cantidad de fórmulas (Castañeda et al., 2018), esta dificultad hace que los aprendices en ocasiones no las entiendan y se cometa el clásico error de la repetición y no la comprensión, que bien se podría alcanzar mediante el uso de modelos, mentefactos y representaciones gráficas. Por otro lado, durante años la enseñanza de la física se ha centrado en el aprendizaje de los conceptos y no en su aplicación, los ejercicios propuestos son descontextualizados y alejados de la realidad (Näslund-Hadley & Valverde, 2010). De acuerdo con lo mencionado anteriormente, estas dificultades se deben a que en los diferentes cursos de ciencias exactas y matemáticas, se enfatiza en los elementos conceptuales y no en su aplicación. Algunos autores (Brito-Vallina et al., 2011; López et al., 2016) señalan que una buena manera, para que se de la transferencia de dichos conocimientos es a partir de una enseñanza basada en los procesos de modelación matemática. Por otro lado, en muchos lugares del mundo, no se está presentando un avance significativo en las asignaturas de ciencias y matemáticas, lo que ha llevado a pensar que la metodología utilizada en los procesos de enseñanza y aprendizaje no está dando los resultados esperados, los profesores siguen usando los mismos métodos sin responder a los problemas complejos que se presentan en el mundo actual, en donde no se tiene en cuenta las diferencias, capacidades, estilos de aprendizaje, las habilidades y mucho menos se tienen en cuenta los procesos metacognitivos de los estudiantes. Por otra parte, uno de los temas que en las últimas décadas ha tomado gran relevancia en el campo de la educación, tiene que ver con los procesos metacognitivos, ya que su objeto de estudio está relacionado en la forma como los seres humanos reflexionan sobre sus procesos de pensamiento y la manera en que aprenden. Es decir, la metacognición se involucra en el control y la regulación de los procesos de conocimiento, lo que significa que a nivel educativo está ligado con los procesos de enseñanza y aprendizaje. Es así como en esta propuesta se plantea el uso de estrategias metacognitivas para la elaboración de modelos matemáticos de la cinemática lineal por parte de los estudiantes de educación media, y es a partir de esta contextualización que se planteó la siguiente pregunta de conocimiento: ¿Cómo influyen las estrategias metacognitivas en la elaboración de modelos matemáticos de la cinemática lineal en estudiantes de educación media?, desde esta pregunta se busca comprender los procesos de control y regulación que aplican los estudiantes al momento de modelar problemas que involucren el uso de variables de la cinemática lineal; por último el propósito del proyecto es analizar la influencia de un plan de estrategias metacognitivas en la formulación, desarrollo y elaboración de modelos matemáticos que expliquen problemas reales de la cinemática lineal con estudiantes de educación media.

II. Desarrollo

2.1 Antecedentes

Con el fin de comprender el tema a investigar, se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva, de la cual se puede inferir que existen muchos trabajos investigativos relacionados con los procesos de modelación matemática y con los procesos metacognitivos, pero son muy pocos los trabajos donde se logre percibir la relación existente entre estas dos variables y su incidencia directa en el aprendizaje de la cinemática lineal. Es por tal motivo, que los antecedentes que se menciona a continuación están ligados con los procesos de modelación matemática y con los procesos metacognitivos de manera independiente.

A través de los años, la comunidad investigadora en educación matemática ha mostrado interés en el tema de la modelación matemática. El movimiento al parecer se inició con el estudio de la Comisión Internacional para la Instrucción Matemática [ICMI] celebrada en Kuwait en 1986 (ICME & ICMI, s.f.) Dicho estudio fue importante ya que de sus resultados se empezaron a incluir en los currículos de matemáticas temas relacionados con la aplicación de las matemáticas en diversas situaciones reales. Posteriormente dicho trabajo fue reforzado por otros grupos de investigación internacionales en los que se destacan The International Community of Teachers of Mathematical Modelling and Applications¹ (ICTMA, 2021), en su primer Congreso

¹ [ICTMA]

Bienal celebrado en 1982; y más recientemente, el ICMI Study 10 (ICMI, s.f.), coordinado por investigadores de reconocido prestigio como Niss (2002); Henn (2006); Galbraith (2010) y Blum (2020). Desde el 2005, la Sociedad Europea de Investigación en Educación Matemática (ERME, s.f.)² creó un grupo específico sobre el tema de modelado liderado por la investigadora alemana Gabrielle Kaiser (Kaiser & Sriraman, 2006).

En Colombia, se propuso oficialmente la implementación de la modelación como proceso en el aula de matemáticas a partir de la publicación de los Lineamientos Curriculares del Área de Matemáticas por parte del Ministerio de Educación Nacional (MEN, 1998) y se ratifica con los Estándares Básicos de Competencias (MEN, 2006)

Igualmente un grupo de docentes e investigadores en educación matemática, impulsados por diferentes problemas relacionados con la enseñanza de las matemáticas, decidieron conformar la Red Colombiana de Modelación en Educación Matemática (RECOMEM, s.f.)³, la cual surge oficialmente en octubre de 2008.

El otro aspecto relevante de este trabajo tiene que ver con la metacognición, dicho concepto nació en la psicología y de otras ciencias de la cognición, su estudio se inició con Flavell (1978), un especialista en psicología cognitiva, quien señaló como el concepto de metacognición estaba ligado al conocimiento que el individuo tiene sobre los propios procesos y productos cognitivos o sobre cualquier cosa relacionada con ellos, es decir, las propiedades de la información o los datos relevantes para el aprendizaje.

En otro trabajo de revisión teórica sobre la metacognición realizado por Crespo (2000), la autora muestra dos enfoques importantes para el concepto: el primero es el enfoque de la psicología evolutiva y el segundo tiene que ver con el paradigma del procesamiento de la información.

El enfoque de la psicología evolutiva pone de manifiesto que la metacognición es una tendencia de desarrollo, la cual se lleva a cabo bajo tres aspectos fundamentales: El primero relacionado con el conocimiento metacognitivo, el cual se compone de tres elementos: El conocimiento sobre la persona, el conocimiento sobre las tareas y el conocimiento sobre las estrategias. El segundo aspecto está relacionado con las experiencias metacognitivas, las cuales se refiere a las “reacciones o reflexiones relativamente espontáneas que ocurren antes, durante y después del proceso cognitivo” (Crespo, 2000, p. 99), a lo cual, Gardner (1993) denominó “tomas de conciencia”. Y el tercer y último aspecto está relacionado con las estrategias cognitivas y metacognitivas, en la cual la primera tiene como finalidad el manejo del conocimiento y la segunda la regulación del proceso.

En relación con el paradigma del procesamiento de la información, identificado por Crespo, donde se relaciona la metacognición con el control y la regulación, en este aspecto la autora señala a Brown (1987) y Baker (1989), quienes establecieron diferencias entre el conocimiento sobre la cognición y la regulación cognitiva.

En cuanto a antecedentes que relacionen los dos conceptos y además que sirvan como mediadores para la enseñanza de las ciencias son escasos, existen contados trabajos en el ámbito educativo, un primer trabajo importante lo realizaron Ortiz y Ayala (2019) los autores mencionan que la modelación matemática y la simulación computacional son una alternativa y estrategia metacognitiva que ayuda al desarrollo de habilidades de pensamiento y comprensión de fenómenos físicos por medio de representaciones mentales de nivel superior. Por otro lado los trabajos de investigación de White y Frederiksen (2009); Werner da Rosa (2014); Wade-Jaimes et al., (2018); Hung y Tsai (2020), resaltan la importancia del uso de representaciones (modelos) que favorecen el aprendizaje de los fenómenos de la ciencia y se resalta el papel crítico del maestro en el aprendizaje, así mismo, concluyen que los estudiantes reflexionan sobre su propia indagación y la de los demás, favoreciendo el proceso del aprender teniendo en cuenta los procesos de control y regulación metacognitivos.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 La Modelación matemática

La implementación de la modelación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas han sido relevante en los últimos tiempos, por su misma pertinencia, al respecto Salett y Hein (2004) afirman:

[...] la modelación matemática está siendo fuertemente defendida, como método de enseñanza de las matemáticas en todos los niveles de escolaridad, ya que permite al estudiante no solamente aprender las matemáticas de manera aplicada a otras áreas del conocimiento, sino también mejorar la capacidad para leer, interpretar, formular y solucionar situaciones problema. El estudiante universitario debe ser autónomo, esto es, desarrollar las herramientas adecuadas para poder avanzar independientemente dentro del espiral de aprendizaje de cualquier disciplina universitaria “si se leer, y con eso quiero decir que tengo el leguaje básico adecuado y entiendo lo que leo, entonces puedo tener acceso a cualquier forma de conocimiento” (p.20).

El trabajo con la modelación matemática no intenta simplemente ampliar el conocimiento, sino desarrollar una forma particular de pensar y actuar produciendo conocimiento, asociando abstracciones y

² [ERME]

³ [RECOMEN]

formalizaciones interconectadas a fenómenos y procesos empíricos considerados como situaciones problemáticas. Son tres los principales argumentos a favor de la modelación matemática que inciden como elemento central en la enseñanza general de la matemática:

El primero de ellos es que la modelación matemática es un puente entre la vida diaria del estudiante y las matemáticas; el segundo, que establecer, analizar y elaborar modelos matemáticos hacen al estudiante competente; y el tercero, que el desarrollo de competencias expertas para criticar modelos matemáticos y la forma en que estos son usados para la toma de decisiones se está convirtiendo en un imperativo para el mantenimiento y futuro desarrollo democrático.

Finalmente, Salett y Hein (2004) afirman que la modelación como método de enseñanza y de investigación propicia en el estudiante habilidades como:

- La integración de las matemáticas con otras áreas del saber.
- El interés por las matemáticas frente a su aplicabilidad.
- La mejora de la aprehensión de los conceptos matemáticos.
- La estimulación a la creatividad en la formulación y resolución de problemas.
- La habilidad para el uso de la tecnología.
- La capacidad para actuar en grupo.
- La orientación para la investigación. (p. 112)

2.2.2 La Metacognición

La Metacognición es un proceso que en esencia requiere, entre otras cosas, reconocer y observar la autonomía del alumno.

De acuerdo con Flavell (1976) la define así:

Metacognición se refiere al conocimiento de uno mismo respecto de los propios procesos cognitivos y sus productos o a cualquier cosa relacionada con ellos, por ejemplo, las propiedades de la información o los datos relevantes para el aprendizaje... Metacognición se refiere, entre otras cosas, al control activo y a la consecuente regulación y orquestación de estos procesos en relación con los objetos de conocimiento a los que se refieren, normalmente al servicio de alguna meta concreta u objetivo. (p. 232)

2.2.2.1 El conocimiento metacognitivo. Es un aspecto relevante que abarca tres momentos fundamentales:

- El conocimiento de la persona: se trata del conocimiento que se tiene de los individuos como aprendices, de las potencialidades y limitaciones cognitivas y de otras características personales que pueden afectar el rendimiento de una tarea.
- El conocimiento de la tarea: hace alusión al conocimiento que el individuo tiene sobre los objetivos de la tarea y todas sus características, este conocimiento es muy importante, ya que ayuda al aprendiz a elegir la estrategia apropiada.
- El conocimiento de las estrategias: el estudiante debe saber cuál es el repertorio de estrategias alternativas que le permitirán llevar a cabo una tarea, cómo se aplicarán y las condiciones bajo las cuales las diferentes estrategias pueden ser más efectivas (Argüelles, 2010)

II.2.2.2 Estrategias metacognitivas. Se puede deducir que uno de los objetivos o fines que persigue es el de la motivación. La investigación cognitiva en los últimos años ha destacado el reconocimiento del papel que desempeñan las variables motivacionales y afectivas en el desempeño de las tareas cognitivas. “En esta línea, la mayoría de las propuestas recientes sobre el aprendizaje autorregulado considera que éste depende no sólo del conocimiento de las estrategias específicas de la tarea y del control que se lleva a cabo sobre ellas, sino también de la motivación que tenga el sujeto por el aprendizaje” (Osses & Jaramillo, 2008, p. 192).

Si bien este trabajo se orienta en dos aspectos fundamentales uno desde la psicología (metacognición) y el otro desde la didáctica (modelación matemática), el asunto principal radica en poner en diálogo las dos corrientes en favor del aprendizaje de un tema específico de la física denominado cinemática lineal, se espera poder generar una propuesta acorde al contexto que se convierta en un modelo para la enseñanza y que se ajuste con el modelo pedagógico de escuela nueva (FEN, 2021)

En la figura 1, se puede observar la interrelación de las variables propuestas en el proyecto de investigación con el modelo pedagógico.

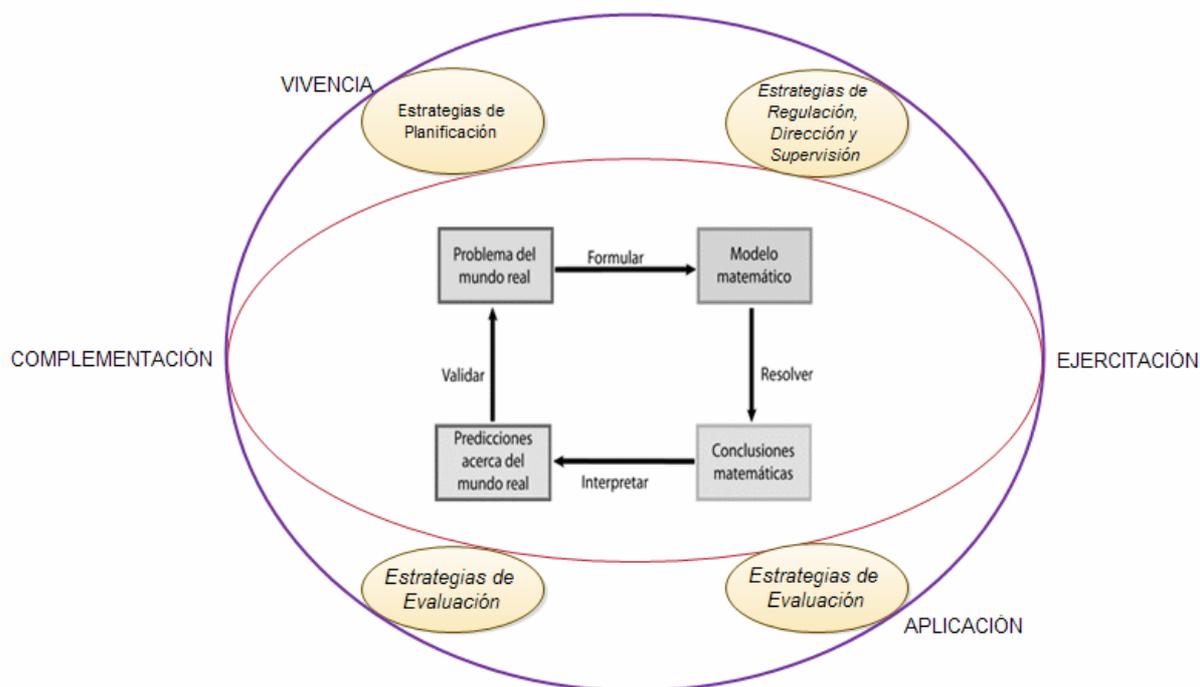


Figura 1. Interrelación de las variables y el Modelo pedagógico Escuela Nueva
Fuente: Adaptado a partir del fenómeno de modelación de Brito -Vallina, et al., 2011, p. 40

III. Conclusiones

A partir del estado de arte de este trabajo se puede concluir que es posible y muy conveniente diseñar y aplicar un modelo didáctico que interrelacione las variables de estudio y el modelo de escuela nueva, ya que estudios, aunque escasos, muestran la relevancia del uso de la metacognición unida a la modelación para favorecer el aprendizaje de las ciencias, en especial en la implementación de un modelo innovador para el aprendizaje de la cinemática lineal.

Referencias

- [1]. Argüelles Pabón, D. C. (2010). Estrategias para promover procesos de aprendizaje autónomo. Escuela de Administración de Negocios.
- [2]. Baker, L. (1989). Metacognition, comprehension monitoring, and the adult reader. *Educational Psychology Review* 1989 1:1, 1(1), 3–38. <https://doi.org/10.1007/BF01326548>
- [3]. Blum, W., & Niss, M. (2020). *The Learning and Teaching of Mathematical Modelling - 1st Edition*.
- [4]. Brito-Vallina, M. L., Alemán Romero, I., Fraga-Guerra, E., Para-García, J. L., & Arias - de Tapia, R. I. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de los ingenieros. *Ingeniería Mecánica*, ISSN-e 1815-5944, Vol. 14, N° 2, 2011, Págs. 129-139, 14(2), 129–139.
- [5]. Brown, A. (1987). Metacognition, executive control, self-regulation, and other more mysterious mechanisms. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe, (Eds.) *Metacognition, motivation, and understanding* (pp. 65-116). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [6]. Castañeda, J. A., Carmona, L. H., & Mesa, F. (2018). Determinación de la Ganancia en el Aprendizaje de La Cinemática Lineal Mediante el uso de Métodos Gráficos con Estudiantes de Ingeniería en la Universidad de Caldas. *Scientia Et Technica*, 23(1), 99–103. <https://doi.org/10.22517/23447214.18641>
- [7]. Crespo, N. M. (2000). La Metacognición: Las diferentes vertientes de una Teoría. *Revista Signos*, 33(48), 97–115. <https://doi.org/10.4067/S0718-09342000004800008>
- [8]. ERME. (s.f.). Sociedad Europea de Investigación en Educación Matemática. <http://erme.site/>
- [9]. FEN. (2021). Fundación Escuela Nueva Volvamos a la Gente. <https://escuelanueva.org/>
- [10]. Flavell, J. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L. En Resnick (Ed.), *The nature of intelligence*. Hillsdale: LEA.
- [11]. Flavell, J. H. (1978). Metacognitive development. *Structural proprocess theories of complex human behavior*.
- [12]. Gardner, H. (1993). *Inteligencias múltiples: La teoría en la práctica*. Libros básicos.
- [13]. Henn, H.-W., Niss, M., & Galbraith, P. (2006). *Modelling and Applications in Mathematics Education*.
- [14]. Hung, J.-F., & Tsai, C.-Y. (2020). The Effects Of A Virtual Laboratory And Meta-Cognitive Scaffolding On Students' Data Modeling Competences. *Journal of BalticJournal of Baltic Science Education*. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.923>
- [15]. ICME, & ICMI. (s.f.). ICME and ICMI Study Series. <https://www.math.uni-bielefeld.de/~rehmann/ICMI/study/>
- [16]. ICMI. (s.f.). Volúmenes de estudio del ICMI | Unión Matemática Internacional (IMU). <https://www.mathunion.org/icmi/publications/icmi-studies/icmi-study-volumes>
- [17]. ICTMA. (2021). ICTMA. <https://www.ictma.net/index.html>
- [18]. Kaiser, G., & Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM*

- 2006 38:3, 38(3), 302–310. <https://doi.org/10.1007/BF02652813>
- [19]. Lesh, R., Galbraith, P. L., Haines, C. R., & Hurford, A. (2010). Modeling students' mathematical modeling competencies: ICTMA 13. *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies: ICTMA 13*, 1–651. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0561-1>
- [20]. López, S., Veit, E. A., & Araujo, I. S. (2016). Una revisión de literatura sobre el uso de modelación y simulación computacional para la enseñanza de la física en la educación básica y media*. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(2), 2401. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2015-0031>
- [21]. MEN. (1998). Lineamientos Curriculares. https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-89869_archivo_pdf9.pdf
- [22]. MEN. (2006). Estándares Básicos de Competencias.
- [23]. Näslund-Hadley, E., & Valverde, G. (2010). La condición de la educación en matemáticas y ciencias naturales en América Latina y el Caribe. IDB-TN-211(Notas Técnicas).
- [24]. Niss, M. (2002). Mathematical Competencies And The Learning Of Mathematics: The Danish Kom Project. <http://www.math.chalmers.se/Math/Grundutb/CTH/mve375/1213/docs/KOMkompetenser.pdf>
- [25]. Ortiz, M. A. B., & Ayala, L. K. P. (2019). Modelado, simulación y representaciones mentales: una propuesta metacognitiva para el análisis del movimiento 3D de proyectiles. *Revista Científica*, 0, 252–261.
- [26]. Osses Bustingorry, S., & Jaramillo Mora, S. (2008). METACOGNICION: UN CAMINO PARA APRENDER A APRENDER. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 34(1), 187–197. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052008000100011>
- [27]. RECOMEM. (n.d.). Red Colombiana de Modelación en Educación Matemática. <https://recomem.com/>
- [28]. Salett Biembengut, M., & Hein, N. (2004). Modelación matemática y los desafíos para enseñar matemática. *Educación Matemática*, 16(2), 105–125.
- [29]. Wade-James, K., Demir, K., & Qureshi, A. (2018). Modeling strategies enhanced by metacognitive tools in high school physics to support student conceptual trajectories and understanding of electricity. *Science Education*, 102(4), 711–743. <https://doi.org/10.1002/SCE.21444>
- [30]. Werner da Rosa, C. T. (2014). Metacognição no ensino de Física: da concepção à aplicação.
- [31]. White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (2009). Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to All Students. http://Dx.Doi.Org/10.1207/S1532690xci1601_2, 16(1), 3–118. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1601_2