

## **RÉPLICA A LA PONENCIA:**

# **HACIA PROFESORES ARTIFICIALES EN LA RESOLUCIÓN ALGEBRAICA DE PROBLEMAS VERBALES DEL PROFESOR DAVID ARNAU**

Moreno, A.

Universidad de Granada

La ponencia comienza señalando antecedentes en los que se ponen de manifiesto las dificultades del alumnado cuando se inician en el álgebra y analiza el uso de sistemas de aprendizaje interactivos para la resolución de problemas verbales aritmético-algebraicos centrándose en dos aspectos: por un lado, el recurso a múltiples sistemas de representación que apoyen el planteamiento del problema y, por otro, el uso de técnicas de inteligencia artificial para simular parte de las acciones de un profesor.

El trabajo plantea, dentro de un contexto general de uso de tutoriales, tres ideas:

- La posibilidad de crear un sistema tutorial inteligente o “profesor artificial”, empleando un marco que tiene en cuenta aspectos cognitivos, competenciales, didácticos y de comunicación entre máquina y estudiante.
- La atención a diversos tipos de aprendizaje.
- La presencia de un sistema capaz de evaluar la actuación del estudiante (lo prefiero al término caracterizar que emplea el autor).

La mayor parte de los marcos teóricos utilizados en la metacognición se centran en dos componentes: el conocimiento declarativo y procedimental, y la regulación de ese conocimiento, entendido como el repertorio de acciones que un individuo dedica al realizar una tarea (Schraw, 2001; Schraw, Brooks y Crippen, 2005; Schraw, Crippen y Hartley, 2006).

La fundamentación del sistema tutorial inteligente que se presenta en la ponencia, y ese es uno de sus méritos a mi juicio, se cimienta en los Modelos Teóricos Locales. Un marco teórico y metodológico elaborado por Filloy en la década de los ochenta y en el que “desempeña un papel central la idea de que lo que se elabora tanto para organizar una investigación, como para organizar los resultados de una investigación, es un Modelo Teórico Local (MTL). El carácter local viene dado por el hecho de que el modelo se elabora para dar cuenta de los fenómenos que se producen en los procesos de enseñanza y aprendizaje de unos contenidos matemáticos concretos a unos alumnos concretos y sólo se pretende que el modelo sea adecuado para los fenómenos observados. El carácter de modelo viene dado, entre otras cosas, por el hecho de no afirmarse que las cosas son tal y como las caracteriza el modelo, sino sólo que, si las cosas fueran como las caracteriza el modelo, los fenómenos se producirían como se han descrito.” (Puig, 2008, p. 88).

Arнау considera que este modelo es el que mejor se adapta al trabajo con inteligencia artificial porque establece una relación directa entre ésta y los cuatro componentes de los MTL: a) un componente de competencia que en el trabajo analizado se denomina modelo del dominio y se asocia al conocimiento del experto en forma de definiciones o procedimientos; b) otro de actuación o de los modelos cognitivos, que Arнау denomina “modelo del estudiante”, que está asociado al conocimiento de cómo los estudiantes actúan en forma de errores cometidos o proximidad al

conocimiento experto; c) un tercer componente de enseñanza relacionado con el modelo didáctico, y que contiene una representación de cómo los profesores actúan; y d) un cuarto de comunicación, que representa los métodos y técnicas para el intercambio de información entre programa y estudiante.

El modelo de competencia o modelo del dominio, siguiendo a Puig (2008), provendría de dos fuentes: una que examina al sujeto ideal y otra que examina al sujeto real. El trabajo de Arnau propone el método cartesiano como el que “permite resolver cualquier problema verbal”. En este sentido, este método supone la parte de la competencia en la resolución de problemas verbales basado en el análisis de experto.

El modelo cognitivo o modelo del estudiante contiene la información sobre las características del estudiante con respecto a cómo aprende, cómo resuelve o cómo reacciona ante el reto o la frustración. Para el diseño de sistemas inteligentes enfocados a la resolución de problemas, el autor plantea dos categorías para la generación de los modelos de estudiante:

- 1) la actuación ante alguno de los pasos del método cartesiano y
- 2) el uso de esquemas conceptuales en la resolución de un problema con el fin de realizar una clasificación más fina de los problemas que además tenga en cuenta las decisiones que toma un sujeto a la hora de resolverlos.

El modelo de enseñanza atiende a las tareas que realiza un profesor cuando supervisa la resolución de un problema verbal que realiza un estudiante. La ponencia se centra en la enseñanza del método de resolución y en la generación de ayudas a demanda teniendo en cuenta las restricciones que impone la tarea y las acciones que ha realizado el resolutor.

El modelo de comunicación describe los intercambios de información que se producen entre un sistema tutorial inteligente con el estudiante. El análisis se centra en las restricciones que impone la interfaz.

## **OBJETIVO DE LA PONENCIA**

El trabajo presentado por el profesor Arnau, “Hacia profesores artificiales en la resolución algebraica de problemas verbales”, describe los fundamentos de un sistema tutorial inteligente para la enseñanza y aprendizaje de problemas verbales aritmético-algebraicos.

De acuerdo con esto y desde mi perspectiva, algunos de los puntos fuertes del trabajo son que:

- Aborda la relación entre sistemas tutoriales en el ámbito de la Inteligencia Artificial y el problema del aprendizaje de problemas verbales.
- Intenta conjugar en el sistema tutorial inteligente ámbitos tan complejos como la competencia matemática, aspectos cognitivos, didácticos y de interfaz.
- Construye un sistema de ayuda a demanda del estudiante que permite seleccionar cuál ofrecer entre múltiples posibles.
- La construcción del sistema tutorial inteligente ayuda a caracterizar problemas y subproblemas verbales.

Por otro lado, algunos de los puntos débiles del trabajo son los siguientes:

- El modelo cognitivo no parece sustentarse con profundidad planteando dos categorías para los modelos de estudiante: por un lado los que utilizan parte del esquema cartesiano y por

otro, el uso de esquemas conceptuales para clasificar problemas en la resolución de problemas verbales. Y esto porque se basa en la hipótesis aún no validada (como señala el propio autor) de que es posible describir una parte del conocimiento del alumno atendiendo a su competencia a la hora de aplicar esquemas conceptuales en el proceso de reducción del enunciado a un conjunto de relaciones matemáticas.

- Como consecuencia de lo anterior, y esta autocrítica la asume el propio autor, el modelo de enseñanza está en desarrollo con el fin de ser capaz de anticipar decisiones y diseñar secuencias de enseñanza.
- Un aspecto que habría que clarificar y que ya surgió en este mismo foro con González (2005) sería el papel del contexto. Debemos entender que si el estudiante aprende por repetición de esquemas de problemas, el contexto no juega ningún papel en el aprendizaje o quizás se presenta como oferta complementaria. Tampoco queda claro el papel del profesor: ¿tiene posibilidad de intervenir en el diseño de las secuencias de tareas?

## **PUNTOS DE INTERÉS PARA DEBATIR**

Finalmente, presento varios puntos de discusión que pueden suscitar el debate. Los organizo en torno a tres ideas clave desarrolladas en la ponencia de Arnau: el papel del profesor, un modelo cognitivo y un modelo de competencia.

### **Respecto al papel del profesor**

El profesor artificial proporciona ayuda al estudiante cuando éste la solicita. Sin embargo, la atención a la diversidad de estudiantes requiere que el profesor trabaje de forma personalizada dichas ayudas a partir del conocimiento de los estudiantes. De hecho, Stevens, Beal y Sprang (2013) indican que las ayudas que incluyeron en su tutorial, unas veces perjudicaban el aprendizaje de sus estudiantes y otras lo beneficiaban. Decidieron retirar las ayudas hasta no conocer qué tipos de mensajes y por qué, producían un efecto u otro. Surge pues la cuestión sobre de qué manera los sistemas tutoriales inteligentes pueden tratar a la diversidad de estudiantes.

Asimismo, el profesor realiza propuestas de tareas sobre la base del conocimiento del grupo de estudiantes. Toma decisiones sobre los contenidos que se van impartiendo fundamentándose en el conocimiento de los estudiantes que surge de la interacción entre el profesor y el grupo. De ahí, surge la cuestión de si el profesor participa en el diseño y organización de las tareas que el sistema tutorial plantea a los estudiantes. O bien esta otra cuestión sobre si los resultados de aprendizaje con el sistema tutorial inteligente dependerán de la influencia del profesor.

### **Respecto al modelo cognitivo**

La visión que se percibe del sistema tutorial inteligente del que se habla es que el aprendizaje es un proceso de codificación, fortalecimiento y conocimiento procedimental. Este proceso ocurre poco a poco. Como señalan Siegler y Shipley (1995), habrá conocimientos nuevos que se olvidarán (o seguirán siendo lo suficientemente débiles para quedarse sin usar) si no se practican, y elementos del conocimiento competirán para ser utilizados sobre la base de su fuerza.

La ponencia alude, en este sentido, a estudiantes que utilizan métodos algebraicos para la resolución de problemas verbales pero a otros que emplean métodos aritméticos. De aquí, surge la cuestión de si los sistemas tutoriales inteligentes permiten un cambio de un modo de resolución a otro por medio del aprendizaje repetido de estos problemas.

Puesto que la capacidad para realizar una tarea se basa en los componentes de conocimientos individuales requeridos para la misma, la educación es más eficiente cuando se enfoca directamente sobre los componentes de conocimiento individual que tienen relativamente poca fuerza. En una

investigación sobre un sistema tutorial para la resolución de problemas de química, IMMEX, se comprobó que los estudiantes con las habilidades más pobres para la resolución de problemas mejoraban su eficiencia (habilidad para la resolución de problemas) tanto como los estudiantes con mayores habilidades, pero no convergían en resultados efectivos (Stevens et al., 2013). Esto enmarca la cuestión de si los sistemas tutoriales inteligentes son o serán capaces de evidenciar las debilidades del conocimiento de los estudiantes y dirigir el aprendizaje en su fortalecimiento.

### Respecto al modelo de competencia

Desde hace cuarenta años se realizan predicciones sobre el papel que jugará la tecnología en el aprendizaje de los estudiantes sin que hasta ahora se hayan producido grandes cambios. Unas veces, como señalan Rushby y Seabrook (2008), porque hasta que a partir del año 2000 se generalizó el uso de internet para consultar fuentes de información, la mayor parte de las preguntas de investigación planteadas en el uso de la tecnología para el aprendizaje, ya habían sido respondidas años antes. Sin embargo, los resultados se desconocían y seguía trabajándose sobre las mismas preguntas de investigación. En otras ocasiones, el ciclo de vida de las tecnologías ha sido muy corto (Rushby, 2013).

Estas ideas se traen a colación porque hace diez años, González (2005) planteaba unas preguntas relativas a otro sistema tutorial inteligente que aún me parecen pertinentes hoy y que vuelvo a retomar. En aquel momento González planteaba el choque entre el conocimiento curricular y el conocimiento competencial. El sistema tutorial inteligente del que hablamos ahora caracteriza el conocimiento competencial con el conocimiento experto y el de los estudiantes. No parece que exista un consenso en la comunidad de profesionales relacionados con la educación matemática. De aquí, surgen varias cuestiones, entre ellas: ¿Qué referentes objetivos tiene sobre lo que significa su desarrollo y consecución?, ¿Cómo se valida la bondad de las tareas realizadas con este sistema tutorial inteligente de las cuales emergen las competencias matemáticas?, ¿Qué comparten con otras tareas que pretendan los mismos fines?, ¿Qué aporta al proceso de enseñanza-aprendizaje que no hubiera aportado el entorno presencial?

### Referencias

- González, M. J. (2005). Réplica a la ponencia: El sistema tutorial AgentGeom y su contribución a la mejora de las competencias de los alumnos en la resolución de problemas de matemáticas. En A. Maz, B. Gómez y M. Torralbo (Eds.), *Actas del IX Simposio de la Sociedad Española de Educación Matemática SEIEM* (pp. 71-78). Córdoba: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba y SEIEM.
- Puig, L. (2008). Sentido y elaboración del componente de competencia de los modelos teóricos locales en la investigación de la enseñanza y aprendizaje de contenidos matemáticos específicos. *PNA*, 2(3), 87-107.
- Rushby, N. (2013). The future of learning technology: some tentative predictions. *Journal of Educational Technology & Society*, 16(2), 52-58.
- Rushby, N. y Seabrook, J. (2008). Understanding the past—illuminating the future. *British Journal of Educational Technology*, 39(2), 198-233.
- Schraw, G. (2001). Promoting general metacognitive awareness. En H. J. Hartman (Ed.), *Metacognition in learning and instruction* (pp. 3-16). Dordrecht, Holanda: Kluwer.
- Schraw, G., Brooks, D. W. y Crippen, K. J. (2005). Using an interactive, compensatory model of learning to improve chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 82(4), 637-640.
- Schraw, G., Crippen, K. J. y Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36, 111-139.

- Siegler, R. S. y Shipley, C. (1995). Variation, selection, and cognitive change. En T. J. Simon y G. S. Halford (Eds.), *Developing cognitive competence: New approaches to process modeling* (pp. 31-76). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Stevens, R., Beal, C. y Sprang, M. (2013). Assessing students' problem solving ability and cognitive regulation with learning trajectories. En R. Azevedo y V. Alevan (Eds.), *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies* (pp. 409-423). Nueva York: Springer.