

CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO QUE ORIENTA, EN EL ÁREA MATEMÁTICA, EL DESARROLLO DE LA METACOGNICIÓN

Patricia Villalonga de García, Susana González de Galindo, Susana Mercáu de Sancho
Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán
pvillalonga@fbqf.unt.edu.ar, sgalindo@fbqf.unt.edu.ar
Todos los niveles educativos

Palabras clave: Matemática. Evaluación. Metacognición. Modelo.

Resumen

Este artículo es un avance del Proyecto “Estrategia didáctica que valoriza la regulación continua del aprendizaje en aulas multitudinarias de Matemática” del Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Tucumán, cuyas integrantes son docentes de Matemática de primer año de una Facultad de ciencias. El objetivo del Proyecto es diseñar e implementar una estrategia didáctica que valore la evaluación formativa superando la limitación de realizar sólo evaluación sumativa en cursos masivos. Se juzgó conveniente incluir actividades que no requieran de la intervención continua del profesor y favorezcan la interacción social en el aula.

En primer lugar se decidió realizar una investigación en enseñanza de la Matemática a partir de teorías de enseñanza y aprendizaje, de metodologías de investigación educativa y de concepciones sobre qué es la Matemática como ciencia y qué es aprender y enseñar Matemática. En un trabajo previo se presentaron conceptos medulares de teorías del aprendizaje significativo, de los Estándares de evaluación del aprendizaje de la Matemática del National Council of Teachers of Mathematics y lineamientos de Jorba y Casellas para la regulación y autorregulación del aprendizaje. En este artículo se presentan distintas perspectivas con respecto a la naturaleza de la metacognición.

El estudio realizado permitió sentar las bases para construir un modelo que orienta el diseño de actividades matemáticas que favorecen el desarrollo de la metacognición.

Introducción

Matemática I es una asignatura del primer cuatrimestre de primer año de una Facultad de Ciencias. En ella se desarrollan principios básicos del Cálculo Diferencial e Integral en una variable. El proceso de enseñanza aprendizaje presenta numerosas dificultades, entre ellas: las aulas son multitudinarias, la relación docente-alumno es insuficiente (aproximadamente 1/400 en clases teóricas y 1/70 en clases prácticas), el currículo es de tipo técnico y no responde a las pautas brindadas por los estándares curriculares y de evaluación para Matemática del National Council of Teachers of Mathematics (N.C.T.M). Con respecto a la *evaluación del aprendizaje* puede afirmarse que la función de control, totalmente legítima, está sobredimensionada, subordinando a las demás funciones pedagógicas de la evaluación: de dirección del proceso de enseñanza y aprendizaje, predictiva, reguladora de la actividad del alumno y formativa (González Pérez, 2000).

Frente a esta realidad, para favorecer aprendizajes significativos y superar la limitación de realizar sólo evaluación sumativa, se consideró conveniente diseñar e implementar una estrategia didáctica que: a) valorizara la evaluación formativa, priorizando la formación de

los procedimientos generales del quehacer matemático, b) integrara la regulación en las situaciones de aprendizaje, proponiendo actividades que no requirieran de la intervención continua del profesor y favorecieran la interacción social en el aula y c) recurriera al empleo de un material instruccional impreso, elaborado en base a principios vigentes en educación Matemática.

Para conseguir este objetivo se tomaron como guía las pautas para evaluar el aprendizaje presentadas en un trabajo anterior, fundadas en la psicología cognitiva (Villalonga, González, Holgado, Marcilla, y Mercau, 2009). Se estudió, además, la naturaleza de la metacognición. Estos principios teóricos son las bases del modelo contruido en este artículo para favorecer el desarrollo metacognitivo en las clases de Matemática.

Marco teórico

La bibliografía ofrece distintas perspectivas con respecto a la naturaleza de la metacognición (Flavel, 1976, citado en Mateos, 2001; Brown, 1978, citado en Mateos, 2001; Lipson y Wixon, 1983, citado en Mateos, 2001; Zimmerman, 1989, citado en Mateos, 2001; Karmiloff-Smith, 1992, citado en Mateos, 2001). En este estudio se presenta, entre las concepciones convencionales, a la de Flavell, quien plantea que:

La metacognición se refiere al conocimiento que uno tiene acerca de los propios procesos y productos cognitivos o cualquier otro asunto relacionado con ellos, por ejemplo, las propiedades de la información relevantes para el aprendizaje...La metacognición hace referencia, entre otras cosas, a la supervisión activa y consecuente regulación y organización de los procesos en relación con los objetos o datos cognitivos sobre los que actúan, normalmente al servicio de alguna meta u objetivo concreto (Flavell, 1976, citado en Mateos, 2001, p.232).

En esta caracterización de la metacognición, Flavell se refiere tanto al conocimiento de la propia actividad cognitiva del sujeto, como al control que él ejerce sobre la misma. En este modelo, el control que una persona tiene sobre su actividad cognitiva depende de acciones e interacciones entre cuatro componentes: *las metas cognitivas* (objetivos cognitivos), *el conocimiento metacognitivo*, *las experiencias metacognitivas* y *las estrategias cognitivas y metacognitivas* (Mateos, 2001).

El conocimiento metacognitivo abarca tres variables de la actividad cognitiva: la persona, la tarea y las estrategias. La *variable persona* se refiere a los conocimientos y creencias que un sujeto tiene sobre las características de su propia cognición y las de otras personas, que son relevantes para realizar una tarea que demanda algún tipo de actividad cognitiva. En el *conocimiento metacognitivo* intervienen *variables intraindividuales, interindividuales y universales*. Las *intraindividuales* comprenden intereses, habilidades, motivaciones, recursos, experiencias y estados de ánimo que pueden afectar la realización de la tarea. Por ejemplo, saber que para entender una definición es necesario ir comprendiendo el significado de cada uno de los términos que la componen. Las variables *interindividuales* permiten apreciar diferencias individuales entre los sujetos.

Por ejemplo: saber que puede resultar más difícil realizar el estudio analítico de una función que a otro compañero. Las variables *universales* son características de las personas como seres cognitivos. Por ejemplo, saber que con el paso del tiempo nos olvidamos los contenidos que no usamos. La *variable tarea* se refiere al conocimiento que posee el alumno sobre cómo es la naturaleza de la tarea y su nivel de exigencia. Por ejemplo: saber que es más fácil aprender las reglas de derivación que aprender a graficar una función derivable que satisfaga simultáneamente varias condiciones. La *variable estrategias* se refiere al conocimiento de la efectividad relativa de los procedimientos alternativos para abordar una tarea. Por ejemplo: el alumno sabe que dado el resultado de una integral, si debe verificar que es correcto, podrá efectuar la comprobación de manera más directa aplicando el concepto de antiderivada que resolviendo la integral.

Estos tres aspectos (persona, tarea y estrategias) pueden interactuar para desarrollar el *conocimiento metacognitivo*. Otro aspecto de la metacognición que Flavell considera en su modelo son las *experiencias metacognitivas*: “son experiencias (ideas, pensamientos, sensaciones o sentimientos) que acompañan a la actividad cognitiva, relacionadas con el progreso hacia las metas, que pueden llegar a ser interpretadas conscientemente” (Mateos, 2001:24). Por ejemplo, cuando no podemos recuperar información que conocemos, decimos “la tengo en la punta de la lengua”. Este tipo de experiencia consciente frecuentemente ocurre cuando falla la cognición, en situaciones en que resulta difícil recordar, comprender, resolver o percibir. Probablemente las mismas escaseen cuando la actividad cognitiva ocurre de manera fluida.

Con respecto al componente de *las estrategias*, Flavell distingue las *estrategias cognitivas* de las *metacognitivas*. “Las estrategias son cognitivas cuando se emplean para hacer progresar la actividad cognitiva y son metacognitivas cuando su misión es supervisar ese progreso” (Mateos, 2001:24). Por ejemplo: intentar fijar el enunciado de un teorema sería una estrategia cognitiva. El análisis de cada uno de los términos del enunciado estableciendo conexiones con contenidos previos estudiados y cuestionarse, además, si es válido el recíproco de dicho teorema es una estrategia metacognitiva. Puede ocurrir que una misma actividad tenga las dos funciones, cognitiva y metacognitiva. En el ejemplo presentado, cuando el alumno recuerda y aprehendió el enunciado del teorema efectuó las dos funciones.

El conocimiento metacognitivo o *componente declarativo* de la metacognición comprende el conocimiento de los recursos cognitivos propios, de las exigencias de la tarea y de las estrategias que pueden emplearse. A su vez, el control metacognitivo o *componente procedimental* de la metacognición, incluye de acuerdo a la mayoría de las propuestas de la literatura, los procesos de: planificación de las estrategias necesarias para llevar a cabo la tarea, supervisión y regulación del empleo que se realiza de las mismas y de su efectividad, autocontrol de los progresos alcanzados en el aprendizaje y evaluación de los resultados alcanzados (Mateos, 2001).

Algunos autores opinan que debería reservarse el término metacognición para referirse sólo al componente declarativo excluyendo el componente procedimental de los procesos de regulación (Paris y Winograd, 1990, citado en Mateos, 2001). Sin embargo otros prefieren

mantener el término para referirse a las dos áreas, pero inevitablemente especifican el campo de problemas que están estudiando al usar dicho término (Baker, 1994, citado en Mateos 2001).

Lester (citado en Mirela, Páez y Gómez, 2010) caracteriza un *modelo cognitivo-metacognitivo de Resolución de problemas matemáticos* que permite interpretar resultados de experiencias didácticas. Está integrado por dos componentes que interactúan continuamente entre sí: el componente cognitivo y el metacognitivo. El componente cognitivo, basado en el modelo de Polya, incluye cuatro variables: “orientar (comportamiento estratégico para comprender el problema); organizar (planear el comportamiento conforme al plan previamente establecido); ejecutar (regular el comportamiento conforme al plan previamente establecido) y verificar (evaluar las decisiones tomadas y los resultados del plan)” (Mirela, Páez y Gómez, 2010: 407). El componente metacognitivo, inspirado en el modelo de Flavell, comprende las variables: *persona, tarea y estrategia* recién caracterizadas (Mirela, Páez y Gómez, 2010: 407).

Un alumno que practica la metacognición se *autoevalúa* permanentemente, evalúa sus estrategias de aprendizaje tomando conciencia de la calidad de los distintos tipos de procesos que pone en juego al aprender. En consecuencia, puede percibir si comprendió en profundidad el significado de una definición o la demostración de un teorema, advierte que tiene dificultad para aprender un tema más que otro, conoce los medios para lograr la tarea propuesta, puede determinar si las metas que se propone son consistentes con sus capacidades.

Las concepciones más recientes integran nuevos aspectos a la metacognición. Incluyen a los fenómenos de naturaleza cognitiva y fenómenos de naturaleza psicológica, otorgando un papel relevante a las variables motivacionales y afectivas (Flavell, 1987). Estas nuevas perspectivas estudian la relación entre la metacognición y la teoría de la mente, el aprendizaje autorregulado, la motivación y el cambio conceptual (Mateos, 2001). Consideran que el aprendizaje no sólo depende de las estrategias específicas de la tarea y del control que se realiza sobre ellas, sino también de la *motivación* que tenga el sujeto para aprender. Un alumno motivado tendrá percepción de su propia competencia, autoevalúa expectativas de autoeficacia, atribuirá causas a sus éxitos y fracasos, y comprenderá cuáles son las demandas y objetivos de la tarea. El aprendizaje autorregulado será el resultado de la interacción de la cognición, la metacognición y la motivación.

Si bien el proceso de aprendizaje es único e irreplicable para cada ser humano, nadie aprende solo, sino que necesita de los demás para construir el conocimiento. El trabajo grupal es potente para las instancias autoevaluativas, ya que permite a cada estudiante la *autosocioconstrucción* del conocimiento, además de favorecer la percepción de lo que cada uno aporta y recibe del grupo. También, la autoevaluación ayuda a construir la auto-imagen dentro del grupo y atempera las dificultades que surgen. Resulta evidente la importancia de la autoevaluación como vía para acrecentar la valoración propia y la independencia. Además, contribuye a aumentar la capacidad de autodeterminación, tan importante para el desarrollo de la creatividad. El empleo de técnicas autoevaluativas, permite trabajar sobre la denominada *zona de desarrollo potencial* de Vigotsky (Fernández de Aláiza García-

Madrigal, 2001). Este tipo de tarea da lugar a un espacio socialmente construido donde se interconectan las intenciones, productos etc., de quienes intervienen en la apropiación de la cultura, lográndose así una enseñanza que favorece el desarrollo. Además, la autoevaluación concede al alumno un papel protagónico en la enseñanza, ya que mediante estrategias de autocontrol y autovaloración, lo conducen a ser el responsable de su propio aprendizaje.

Para lograr que se internalice la autoevaluación el docente debe enseñarla (Palou de Maté, 1998). Las siguientes acciones del docente favorecen en el estudiante los procesos de autoevaluación: discutir con los estudiantes los objetivos y criterios de autoevaluación, exigir invariablemente al estudiante la fundamentación de sus afirmaciones, promover una actitud de autointerrogación permanente, hacer un intercambio con los alumnos de los procesos internos de autoevaluación, generar espacios grupales donde los alumnos verbalicen las estrategias puestas en juego para aprender, realizar la valoración de los resultados.

Con respecto a la valoración de los resultados, mediante la revisión de la tarea, el alumno compara las acciones realizadas según indicadores dados, expresados esencialmente en los objetivos. La valoración del resultado, implica la autovaloración del proceso de realización de la tarea, así como de la calificación, si es que ésta se ha convenido previamente con el grupo de estudiantes. Así, se puede aumentar la objetividad de los alumnos, reduciendo la subvaloración o sobrevaloración características de las fases iniciales de la técnica de autoevaluación.

En coincidencia con los principios enunciados en este marco teórico, Jorba y Casellas (1997) aconsejan que para promover la metacognición deben incluirse en el material de aprendizaje instrumentos para explorar: a) Las estructuras de acogida: Ideas previas y grado de alcance de los prerrequisitos de aprendizaje, representaciones que se hacen los estudiantes de las tareas propuestas y actitudes y hábitos adquiridos relacionados con el aprendizaje de la Matemática, b) la comunicación de los objetivos y la representación que se hacen de los mismos los estudiantes, c) el dominio, por parte de los alumnos, de los criterios de realización de la tarea o criterios procedimentales, los que evidenciarían la realización de las operaciones de anticipación y ejecución de la acción, d) si se favorece la apropiación, por parte de los alumnos, de los criterios e instrumentos de evaluación del aprendizaje y e) la capacidad de los estudiantes para realizar actividades metacognitivas y de autorregulación de sus aprendizajes.

En un trabajo previo se estudiaron los siguientes principios orientadores de la evaluación del aprendizaje de la matemática sostenidos por: Piaget, Ausubel, Moreira, Jorba y Casellas, Vigotsky y seguidores, los estándares del National Council of Teachers of Mathematics y publicaciones científicas relativas a las tendencias actuales en enseñanza y evaluación de las ciencias (N.C.T.M, 1989, 1995, 2000; Jorba y Casellas, 1997; Hernández Fernández, Delgado Rubí y Fernández de Alaíza García-Madrigal, 2001; Alonso, Gil y Martínez Torregosa, 1992; Villalonga, González, Holgado, Marcilla, y Mercau, 2009). La evaluación del aprendizaje debe:

a) retroalimentar el proceso de enseñanza aprendizaje, informando al estudiante de los progresos logrados en el aprendizaje, b) optimizar la comunicación entre los participantes, c) desempeñar una función motivadora y educativa, d) formar a los alumnos como aprendices independientes mediante el empleo de técnicas autoevaluativas, e) enfatizar objetivos y contenidos destacados por el currículo y por los estándares de evaluación del N.C.T.M, que sean motivantes y coherentes con el nivel de desarrollo del estudiante, f) promover la igualdad de oportunidades, brindando un trato diferenciado a cada estudiante según sus características, potencialidades y limitaciones, ofreciéndole oportunidades para evaluar e incrementar su potencia matemática (N.C.T.M., 1995), g) ser un proceso en el que todos los implicados tengan información sobre él, conozcan los criterios de evaluación e interpreten los resultados de la misma, h) promover inferencias válidas acerca de aprendizajes significativos de la Matemática, i) ser un proceso coherente con lo enseñado, j) ser una herramienta valiosa para la toma de decisiones para la enseñanza y el aprendizaje, k) tender a la formación integral del estudiante.

De esta manera, se pretende que el profesor evalúe el proceso de construcción del conocimiento que desarrollan sus alumnos, desde el inicio y durante el proceso de aprendizaje, considerando contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales. Se interpreta que la evaluación deberá estar orientada a la valoración y análisis cualitativo de los procesos, con una finalidad crítica, formativa y educativa (Moreira, 2008; González Pérez, 2000).

Modelo guía para construir actividades matemáticas que favorezcan el desarrollo de la metacognición

En base al marco teórico enunciado, fue posible identificar algunos criterios que debieran guiar la práctica de un docente de Matemática para promover en los estudiantes capacidades para realizar actividades metacognitivas y de autorregulación de sus aprendizajes:

El docente en sus clases debe desarrollar actividades matemáticas que:

- Criterio 1: revisen el grado de alcance de los prerrequisitos de aprendizaje e ideas previas.
- Criterio 2: favorezcan la comunicación de los objetivos.
- Criterio 3: promuevan la conexión entre contenidos.
- Criterio 4: desarrollen en el estudiante la flexibilidad para expresar los contenidos empleando distintos sistemas de representación semiótica de la Matemática: verbal, simbólico o gráfico.
- Criterio 5: desarrollen la potencia matemática del estudiante (N.C.T.M., 1995).
- Criterio 6: aprovechen el error como medio para promover el aprendizaje.
- Criterio 7: permitan apreciar la utilidad de la Matemática en la vida diaria y en las ciencias.
- Criterio 8: ayuden al estudiante a tomar conciencia de los logros alcanzados en su aprendizaje.
- Criterio 9: favorezcan la apropiación de los criterios de evaluación.
- Criterio 10: fomenten la interacción social en el aula.
- Criterio 11: promuevan una actitud positiva hacia la Matemática.

Referencias Bibliográficas

- Alonso, M., Gil D. y Martínez Torregosa, J. (1992). Los exámenes de física en la enseñanza por transmisión y en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las Ciencias 10* (2), 127-138.
- Fernández de Alaíza García-Madrugal, B. (2001). La psicología cognitiva contemporánea y la enseñanza de la matemática para no matemáticos. En Hernández Fernández, H., Delgado Rubí, J. Fernández de Alaíza, B. (Eds). *Cuestiones de didáctica de la matemática. Conceptos y procedimientos en la educación polimodal y superior* (pp 107- 119). Rosario- Argentina: Homo Sapiens Ediciones.
- González Pérez, M. (2000). *Evaluación del aprendizaje en la enseñanza universitaria*. Universidad de La Habana- Cuba: Cepes.
- Hernández Fernández, H., Delgado Rubí, J. y Fernández de Alaíza, B. (2001). *Cuestiones de didáctica de la matemática. Conceptos y procedimientos en la educación polimodal y superior*. Rosario- Argentina: Homo Sapiens Ediciones.
- Jorba, J. y Casellas, E. (1997). *Estrategias y técnicas para la gestión social del aula. Volumen 1. La regulación y autorregulación de los aprendizajes*. Madrid: Editorial Síntesis. S. A.
- Mateos M. (2001). *Metacognición y educación*. Buenos Aires: Aique.
- Mirela, R. M., Páez, D. A. y Gómez, B. (2010). Prácticas metacognitivas que el profesor de nivel básico promueve en sus clases ordinarias de Matemáticas. Un marco interpretativo. *Enseñanza de las ciencias 28* (3), 405-416.
- Moreira, M. A. (2008). Aprendizaje significativo: la visión clásica. En Moreira, M. A. y Caballero C. (Eds.). *La Teoría del Aprendizaje Significativo. 1ra. Edición*. (pp. 6-28). Porto Alegre- Brasil, Burgos- España. Material del curso “La Teoría del aprendizaje significativo”. Agosto de 2008.
- N.C.T.M. (1989). Estándares Curriculares y de Evaluación para la Educación Matemática. Sevilla. 267 pp. Edición española de Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics (Tr. por la Sociedad Andaluza de Educación Matemática "Thales").
- N.C.T.M. (1995). *Assessment Standards for School Mathematics*. Recuperado el 11/4/2003 de <http://standards.nctm.org/Previous/AssStds/index.htm>
- N.C.T.M. (2000). Principles and Standards for School Mathematics. Recuperado el 11/4/2003 de <http://standards.nctm.org/document/chapter2/index.htm>.
- Palou de Maté, M. (1998). La evaluación de las prácticas docentes y la autoevaluación. En Camillioni A. de, Celman S., Litwin E. y Palou de Maté, C. (Eds). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico* (pp93-132). Argentina: Piados.
- Villalonga, P., González, S., Holgado L., Marcilla, M. y Mercau, S. (2009). Pautas para diseñar actividades evaluativas basadas en teorías de aprendizaje significativo: desde Ausubel hasta Moreira. En J. Sagula (Ed). *Memorias del 10º Simposio de Educación Matemática*. (Volumen CD Rom), (pp.1812-1829). Chivilcoy-Buenos Aires: EMAT.