

Formación de Profesores en base a un modelo de competencias matemáticas.

Horacio Solar Bezmalinovic hsolar@ucsc.cl
Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile.

Resumen: En investigaciones desarrolladas en los últimos años, se ha logrado consolidar un Modelo de Competencia Matemática (MCM) que permitiría a los docentes promover competencias en esta disciplina en conjunto a la enseñanza de los contenidos matemáticos escolares. Para ello, esta conferencia presenta una experiencia que propone y desarrolla una metodología de trabajo docente que busca la comprensión de dicho modelo por parte de los profesores, e impactar en el aula por medio de actividades coherentemente organizadas siguiendo el MCM como modelo didáctico para la gestión del conocimiento matemático. Por ello, consideramos indispensable discutir con profesores el modelo competencial propuesto, reflexionando sobre su gestión en el aula y en cómo se llevan a cabo y concretiza en actividades matemáticas relevantes.

Palabras clave: Competencias matemáticas, desarrollo profesional, Modelo de Competencia Matemática.

1. Introducción

Para introducir la discusión, se señalan cuatro proyectos que permite guiar esta conferencia al enfoque de competencia matemáticas: (a) la reforma curricular portuguesa que propone una caracterización de las competencias matemáticas (Abrantes, 2001); (b) la incorporación de competencias matemáticas al currículum danés (Niss, 2002); (c) el proyecto PISA que se apropia de las competencias propuestas por Niss para sustentar su marco teórico (OCDE, 2003), y (d) los estándares de matemáticas en Colombia (Ministerio de Educación Nacional, 2006). En estas experiencias señaladas, el listado de competencias matemáticas corresponde a procesos matemáticos tales como razonar, argumentar, representar, calcular, modelar, resolver problemas y comunicar.

La caracterización de las competencias matemáticas por medio de procesos matemáticos, es una de las contribuciones del enfoque por competencias al currículum de matemáticas, dotándolo de una estructura orientada al desarrollo de dichos procesos (Solar, 2009). Además, las competencias matemáticas, al sustentarse en procesos, se caracterizan por ser transversales a los núcleos temáticos y desarrollarse a largo plazo de manera cíclica en cada nivel educativo. Así, un enfoque por competencias es coherente con una estructura curricular que destaque los procesos matemáticos.

Al hacer una revisión a las revistas de educación matemática, nos daremos cuenta que los artículos que tratan el tema de competencia matemática asociado a proceso generalmente se sustentan en las ocho competencias propuestas por Niss (2002) y promovidas por PISA (OCDE, 2003). Esto pone de manifiesto que el marco teórico se queda en un nivel básico e inicial, además de una ausencia de una línea de investigación que promueva estudios en torno a las competencias matemáticas. Esta realidad se contrasta notoriamente con la gran cantidad de libros sobre competencias matemáticas que se puede encontrar en el mercado, realidad que responde, a las necesidades del profesor de matemática, que se encuentran de un momento a otro con una reforma curricular basada en competencias, y se siente con pocas herramientas para responder a los desafíos del nuevo currículo

En esta conferencia se presenta el Modelo de Competencia Matemática (MCM) mediado a través de una metodología de trabajo docente, que busca la comprensión del MCM por parte de profesores, e impactar en el aula por medio de actividades coherentemente organizadas siguiendo el MCM como modelo didáctico para la gestión del conocimiento matemático.

2. Marco de referencia

Modelo de Competencia Matemática (MCM). El MCM tiene como principio la articulación de los contenidos (conceptos) matemáticos con los procesos que subyacen a la propia actividad matemática. Siguiendo a Chevallard (1999) los contenidos matemáticos se han estructurado en términos de organizaciones matemáticas, y los procesos se han considerado como competencias matemáticas. A partir de aquí, es relevante estudiar la articulación entre el estudio específico de los contenidos matemáticos con las competencias, como también el progreso de estas competencias. Dicho progreso o evolución se ha caracterizado en términos de niveles de complejidad cognitiva que se puede determinar en una actividad matemática, siguiendo la estructura piramidal sugerida por Lange (1995) y los grupos de competencia formulados en PISA (OCDE, 2003).

El Modelo de Competencia Matemática (MCM) se conforma por tres componentes principales:

- Competencia matemática: en base a los estándares propuestos por la NCTM (2000) y las competencias matemáticas propuestas por Abrantes (2001), Niss (2002) y PISA (OCDE, 2003), se eligió y optó por procesos matemáticos nucleares identificados como competencias matemáticas, las cuales organizan y articulan el currículo de matemáticas. Estas competencias están compuestas por procesos específicos presentes de forma transversal a los contenidos matemáticos (NCTM, 2000).
- Organizaciones matemáticas: los contenidos matemáticos se han estructurado en términos de organizaciones matemáticas, las cuales contemplan tareas, técnicas matemáticas, variables didácticas y condiciones de realización de dichas tareas, aspectos que están sustentados en la Teoría Antropológico de lo Didáctico (TAD) desarrollada por Chevallard (1999).
- Niveles de complejidad cognitiva: se definen tres niveles de complejidad, organizados en función de las tareas y los procesos que conforman la competencia: niveles de reproducción, conexión y reflexión (OECD, 2003; de Lange, 1995).

Metodología de trabajo docente. Dicha metodología se construye sobre la base de dos grandes pilares. Uno de ellos es la necesidad de un modelo epistemológico de referencia, de carácter didáctico, que postula un modo particular de comprender y modelizar el conocimiento matemático escolar. El segundo pilar son un conjunto de principios didácticos específicos que guían y promueven el aprendizaje y la enseñanza de los mismos en la escuela.

Lo anterior se concretiza en fases de trabajo, un ciclo para la capacitación de los docentes, una secuencia de fases o etapas, que se desarrollan en un orden determinado. Pero, más que avanzar linealmente por las fases, esta metodología propone un *trabajo en espiral* con los docentes, en que la ejecución de cada fase supone mirar y profundizar en las fases anteriores:

- (1) El estudio de una temática matemático – didáctica específica, que incluye la puesta en práctica en aula de algunas propuestas de enseñanza elaboradas expresamente para su análisis y reflexión en términos de la experiencia vivida por algunos profesores al implementarlas;

- (2) La elaboración propia de una secuencia de enseñanza en torno a un contenido matemático afín a las situaciones anteriores, y que sea coherente con los principios didácticos que propone esta metodología;
- (3) La implementación de dicha secuencia de enseñanza con apoyo y seguimiento en el aula, y con retroalimentación inmediata por parte del equipo investigador que acompaña al docente en sus clases;
- (4) Análisis y reflexión colectiva sobre las distintas experiencias vividas, buscando determinar y comprender sus fortalezas y dificultades y, en función de ello, idear maneras de ajustar y mejorar tanto la secuencia de enseñanza como su propia gestión en el aula.

3. Experiencias en la formación de profesores en base a este modelo

A continuación se describe una experiencia de formación de profesores y los resultados obtenidos que permita mostrar evidencia del funcionamiento del MCM mediado por la metodología de trabajo docente..

Seminario de competencias matemáticas. La metodología de trabajo docente para promover competencias matemáticas se ha implementado con un grupo de ocho profesoras de primero y segundo año básico pertenecientes a establecimientos educaciones de la ciudad de Concepción (Chile) y alrededores.

El trabajo con las docentes se desarrolló en dos grandes fases. La primera de ellas consistió en un seminario de 8 sesiones, que constó de dos partes. En las primeras cuatro sesiones se estudió el MCM a través de diferentes actividades de análisis (casos clínicos¹, planificación, secuencias de actividades, etc.); en las siguientes 4 sesiones las profesoras trabajaron en el diseño y discusión de una secuencia didáctica en torno a los problemas aditivos y técnicas de cálculo propias de los niveles en que se desempeñaban (1^o y 2^o básico). En esta fase se vivió tanto la reflexión teórica-empírica del MCM, como la reflexión del diseño de la secuencia didáctica, que retomó y se fundamentó en la reflexión y aprendizajes producidos.

La segunda fase del trabajo con las docentes se basó en los procesos de implementación de la secuencia didáctica diseñada (basada en el MCM) y su

¹ Los “casos clínicos” corresponden a episodios de clase en los cuales se mostraban tanto situaciones de enseñanza aprendizaje diseñadas expresamente para su análisis por parte de las profesoras del seminario, como segmentos de clase de las propias profesoras participantes.

reflexión, tanto antes como después de dicha implementación. En esta segunda instancia, se seleccionaron tres casos de estudio, es decir, a tres docentes se les realizó un acompañamiento exhaustivo en su implementación de las secuencias didácticas diseñadas, con tal de analizar en profundidad la práctica y averiguar cómo impactó en ella el trabajo en la metodología de trabajo docente mediado por el MCM como modelo didáctico.

Resultados de la experiencia. En esta conferencia se muestran los análisis y resultados sobre el cambio que evidenciaron las profesoras en su reflexión y desempeño en aula, ya que esto muestra de forma más evidente cómo impactó en su práctica la forma de trabajar, y por tanto permite evaluar la metodología de trabajo.

Para estudiar dicho impacto, se caracterizó el cambio de las profesoras en dos dimensiones: la reflexión como producto del estudio del MCM, y su desempeño en aula antes y durante de la implementación de la secuencia didáctica. En ambos casos, los estudios se realizaron con tres profesoras, de manera de profundizar en los niveles de análisis.

Para el estudio del cambio en la reflexión docente, se han definido niveles de reflexión en base a los criterios propuestos por Van Es y Sherin (2010) del tipo de análisis, relevancia de los actores y foco de análisis, adaptándolos según los requerimientos de evidenciar cambios en la reflexión. La configuración de estos niveles varía en función de la presencia de causalidad en las intervenciones de los docentes. La figura 1 esquematiza los niveles definidos.



Figura 1: Niveles de Reflexión Docente (Solar et al., 2011)

Respecto de las trayectorias de cada uno de los casos, las tres profesoras evidenciaron cambios en sus trayectorias reflexivas. Al comenzar el seminario, se situaron en un nivel descriptivo con una caracterización pedagógica de los episodios

de análisis, y a modo que avanzan en las diferentes instancias reflexivas, las profesoras se movieron hacia los niveles interpretativos.

Cambio en el desempeño: Para estudiar el cambio en el desempeño de las tres profesoras, se discutió cuales serían los temas paradigmáticos en que deberían situarse dichos cambios, que se concretó en cinco focos: problematización, articulación, finalidad, argumentación y socialización.

El primer foco, *problematización*, está asociado con tareas en que se promueve una problematización de la actividad matemática escolar mediante la activación de los conocimientos previos, es decir, a la formulación de situaciones que provoquen un conocimiento matemático nuevo y una evolución de las técnicas. El segundo foco, *articulación*, centrado en promover la articulación entre los conocimientos previos con el conocimiento matemático nuevo. El tercer foco, *finalidad*, es entendido como intención y sentido de la actividad matemática, en entender la problematización de la actividad matemática, los procesos competenciales y gestión del error. El cuarto foco, *argumentación*, se asocia a que los estudiantes comuniquen, justifiquen y contrasten sus procedimientos e ideas matemáticas. Finalmente, el quinto foco, *socialización*, promueve la argumentación colectiva de los procedimientos e ideas matemáticas.

En esta conferencia se muestran los cambios de desempeño del caso de Valentina, profesora de un primero básico. El siguiente episodio es de una clase registrada antes de comenzar el seminario y corresponde a un extracto del momento de inicio de la clase en que activan los conocimientos previos de los estudiantes sobre la clase anterior.

Valentina: Que estuvimos realizando ayer en la clase de matemáticas

Monica: Aprendimos sobre los números

Javier. Aprendimos a Contar

Ante la pregunta de Valentina, Monica y Javier responden con ideas amplias y de forma breve, además de una ausencia en la explicitación de los razonamientos. Ello implica que no están logrados los focos de problematización, articulación y argumentación.

El siguiente episodio es de una clase en que Valentina implementa la secuencia didáctica diseñada en el seminario, y de manera similar al episodio anterior,

corresponde a un extracto del momento de inicio de la clase en que se activan los conocimientos previos de los estudiantes sobre la clase anterior.

Valentina: Que estuvimos realizando ayer en la clase de matemáticas

Pablo: una nueva forma de operación matemática.... un número termina en nueve

Valentina: y quien lo puede explicar

[en la pizarra Pablo explica a través de un ejemplo]

Ante la pregunta de Valentina, Pablo resalta la relación entre los números, especificando los procedimientos realizados, Valentina le solicita que explique, lo que permite que Pablo argumente sus procedimientos. Ello implica que se han mejorado el logro de los focos de problematización, articulación y argumentación.

4. Conclusiones

De las experiencias vividas de formación de profesores para promover el desarrollo de competencias matemáticas en el aula, se han podido establecer explicaciones del cambio en el desempeño desde las reflexiones de las profesoras. Aunque no se pretende sostener que, a un mayor nivel de reflexión mejor desempeño, al seguir tanto los procesos reflexivos como los desempeños de cada uno de los casos, se ha constatado que las profesoras que han tenido más cambios en su desempeño, son también aquellas que mostraron cambios importantes en sus niveles de reflexión. Ello implica que la metodología de trabajo docente propuesta ha impactado en el desempeño por medio de las instancias de reflexión que se han promovido en los seminarios.

El entendimiento de varios de los criterios didácticos estudiados en el seminario pasa porque los profesores vivencien instancias reflexivas ricas en elementos didácticos, tales como comprender la importancia de las condiciones de realización de una tarea matemática, así como el tipo de preguntas para promover procesos competenciales en los estudiantes. Las instancias reflexivas se materializan en un estudio de las prácticas por medio de casos clínicos, y en particular el hecho de poder analizar la propia práctica permite a los profesores visualizar qué han cambiado de sus prácticas. Las múltiples relaciones permiten establecer que es sustancial que un modelo didáctico sea estudiado en una metodología acorde y viceversa, una metodología de trabajo docente debe ser mediada por un modelo didáctico robusto.

La experiencia realizada de formación de profesores se enmarca en una línea de investigación más amplia denominada *competencias matemáticas* (Solar, Rojas y Ortiz, 2011). Sus orígenes comenzaron hace pocos años con las primeras propuestas del Modelo de Competencia Matemática (MCM) que ha permitido estudiar problemáticas en torno al currículo de matemáticas (Espinoza et al., 2008) y también caracterizar competencias matemáticas que se ponen en juego en el estudio de un tema matemático específico en el aula (Solar et al., en prensa). El desafío a un futuro muy próximo es estudiar problemas en torno al aprendizaje matemático de los estudiantes basado en competencias, como por ejemplo problemas tradicionales de dificultades de aprendizaje en un determinado contenido que pueden ser ahora interpretados desde una visión de los procesos y competencias matemáticas.

Abrantes, P. (2001). Mathematical competence for all: Options, implications and obstacles. *Educational Studies in Mathematics*, 47, 125-143.

Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19(2), 221-266.

De Lange, J. (1995). Assessment: No change without problems. En T. A. Romberg (Ed.), *Reform in school mathematics and authentic assessment* (pp. 87-172). New York: SUNY Press.

Espinoza, L., Barbé, J., Mitrovich, D., Solar, H., Rojas, D., y Matus, C. (2008). *Análisis de las competencias matemáticas en primer ciclo. Caracterización de los niveles de complejidad de las tareas matemáticas. Proyecto FONIDE N°: DED0760*. Santiago:

Ministerio de Educación Nacional. (2006). *Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas*. Colombia: autor.

NCTM. (2000). *Principios y Estándares para la Educación Matemática*. España: Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.

Niss, M. (2002) (coord). *Mathematical competencies and the learning of mathematics: The danish kom project*. Roskilde: Roskilde University.

OCDE. (2003). *Marcos teóricos de PISA 2003. Conocimientos y destrezas en Matemáticas, Lectura, Ciencias y Solución de problemas*. Paris: autor.

Solar, H. (2009). *Competencias de modelización y argumentación en interpretación de gráficas funcionales: propuesta de un modelo de competencia aplicado a un estudio de caso. Tesis doctoral*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona.

Solar, H, Azcárate, C. y Deulofeu, J. (en prensa). Competencia de argumentación en la interpretación de gráficas funcionales. *Enseñanza de las Ciencias*.

Solar, H., Rojas, F., y Ortiz, A. (2011). *Competencias matemáticas: Una línea de investigación*. Artículo presentado en XIII CIAEM - Conferencia Interamericana de Educación Matemática, Recife (Brasil).

Van Es, E. A., y Sherin, M. G. (2010). The influence of video clubs on teachers' thinking and practice. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 13(2), 155-176.