

Organización del Aprendizaje en Programas Funcionales de Formación de Profesores de Matemáticas

Pedro Gómez^{1,2} argeifontes@gmail.com

Ángela M. Restrepo², am.restrepo253@uniandes.edu.co

¹Universidad de Granada, ²Universidad de los Andes

Resumen. Algunos programas funcionales de formación de profesores pretenden ofrecer oportunidades para que los profesores en formación desarrollen capacidades y competencias que les permitan utilizar nociones didácticas con el propósito de analizar un tema, producir información acerca de él y utilizar esa información para diseñar, implementar y evaluar una unidad didáctica. En este trabajo, presentamos nuestra posición sobre los procesos de aprendizaje de los profesores en formación en programas de formación de carácter funcional. Nos basamos en esta posición para fundamentar las estrategias que utilizamos para organizar el aprendizaje en un programa concreto de formación de profesores de matemáticas en ejercicio de educación básica secundaria y educación media en Colombia.

Hay una gran diversidad de modelos para la formación de profesores de matemáticas (Gómez, 2005). Nosotros hemos abordado el problema del diseño de programas de formación desde una perspectiva funcional (Gómez y González, 2008). En lugar de partir de lo que pensamos que debería saber el profesor, nos preguntamos qué es lo que el profesor debería ser capaz de hacer y cómo puede llevarlo a cabo desde una caracterización de la profesión basada en el desarrollo de competencias (González-López, Gil, Moreno, Romero, Gómez, Lupiáñez *et al.*, 2004). Estas perspectivas son coherentes con planteamientos en los que se integran el saber, el saber hacer y el saber ser (e.g., Abrantes, 2001; González y Wagenaar, 2003).

Desde esta perspectiva funcional, hemos diseñado MAD, la maestría de profundización en Educación Matemática ofrecida por la Universidad de los Andes para profesores de matemáticas en ejercicio de educación básica secundaria y educación media (Gómez, Cañadas, Flores, González, Lupiáñez, Marín *et al.*, 2010). Su propósito es ofrecer oportunidades para que los profesores en formación puedan complementar y profundizar en el conocimiento didáctico necesario para la planificación, puesta en práctica y evaluación de unidades didácticas. Se parte de una conceptualización detallada del proceso que un profesor experto-ideal realizaría para promover el aprendizaje de los estudiantes. Esta conceptualización, denominada análisis didáctico (Gómez, 2007), se basa en el manejo de una serie de nociones didácticas, denominadas organizadores del currículo, que desde la década de los 90 Rico y sus colaboradores (Rico, Castro, Castro, Coriat, Marín, Puig *et al.*,

1997) vienen proponiendo como herramientas conceptuales y metodológicas que captan la complejidad del currículo de matemáticas y permiten estructurar la variedad de significados de una noción matemática que han de ser negociados en el aula. El análisis didáctico permite estructurar el contenido del programa alrededor de sus diferentes análisis y de los organizadores del currículo que lo componen y establece un procedimiento para promover la competencia de planificación de los profesores en formación (Gómez, 2006).

En este trabajo centramos nuestra atención en los aspectos metodológicos de MAD. En lo que sigue, presentamos nuestra posición sobre los procesos de aprendizaje de los profesores en programas de formación de carácter funcional. Esta posición nos sirve de base para describir y fundamentar los principales aspectos metodológicos del programa.

1. Aprendizaje de los Profesores en Formación en un Modelo Funcional

Desde el punto de vista del aprendizaje, entendemos que un profesor desarrolla su conocimiento como producto de la acción, a través de la integración, puesta a punto y reestructuración de su conocimiento para satisfacer los requisitos que le imponen las situaciones prácticas (Bromme y Tillema, 1995, p. 262). Cuando el profesor en formación toma en cuenta nociones didácticas con el propósito de usarlas en la práctica, desarrolla una comprensión particular de esas nociones que depende de las acciones que realiza para resolver una actividad específica. Al mismo tiempo, la solución que proponga y sus acciones se ven afectadas por la comprensión que ha desarrollado de las nociones (Gómez, 2007, pp. 431-434). Esta visión del aprendizaje se fundamenta en las propuestas de Vygotsky y su consideración de los instrumentos como mediadores de la actividad psicológica individual (Vygotsky, 1982) y en uno de sus desarrollos posteriores, la teoría de la génesis instrumental (e.g., Rabardel, 2003; Trouche, 2005b; Verillon y Rabardel, 1995).

Desde nuestra perspectiva funcional de la formación de profesores, un profesor en formación aprende al poner en juego un conjunto de nociones (en nuestro caso, los organizadores del currículo) para analizar un tema matemático con propósitos didácticos. Por lo tanto, la actividad del profesor en formación se centra en el uso de estas herramientas conceptuales y metodológicas para realizar dos tipos de tareas: (a) analizar el tema matemático y (b) usar la información que resulta de ese análisis ya sea en otros análisis o en la planificación de una clase o unidad didáctica. La comprensión de la herramienta es un

proceso que tiene lugar mientras que se usa. Las acciones del profesor en formación cuando realiza la tarea promueven su comprensión de la herramienta. Este progreso en su comprensión contribuye a realizar apropiadamente la tarea. Vemos los organizadores del currículo como instrumentos que median entre la actuación del profesor en formación y la actividad de realizar la tarea.

Nuestro interés se centra en las funciones epistémica, heurística y pragmática de los organizadores del currículo (Trouche, 2005a p. 155). Estas tres funciones caracterizan los tres aspectos del uso de un organizador del currículo por un profesor en formación, que denominamos significado, uso técnico y uso práctico: el profesor en formación (a) necesita comprender en alguna medida el organizador del currículo —significado— para (b) usarlo en el análisis de un tema matemático —uso técnico—, produciendo información (c) que se pueda usar en conjunción con información producida con la ayuda de otros organizadores del currículo con un propósito didáctico concreto —uso práctico—.

Desde una perspectiva disciplinar, proponemos el *significado* de un organizador del currículo como la opción que, de los múltiples significados de la noción en la literatura de educación matemática, los formadores han asumido en el plan de formación y que esperan que los profesores en formación desarrollen. El *uso técnico* de un organizador del currículo, se refiere al conjunto de estrategias y técnicas que, como formadores, consideramos necesarias para analizar un tema de las matemáticas escolares y producir información didáctica relevante sobre este tema. El *uso práctico* se refiere al conjunto de estrategias y técnicas que, como formadores, consideramos que son necesarias para usar la información, que se produce con el uso técnico, en otros análisis del procedimiento de análisis didáctico —i.e., en el uso técnico de otros organizadores del currículo— o en el diseño de una unidad didáctica para el tema matemático en cuestión (González y Gómez, En preparación). La Figura 1 presenta una representación esquemática de estas ideas.

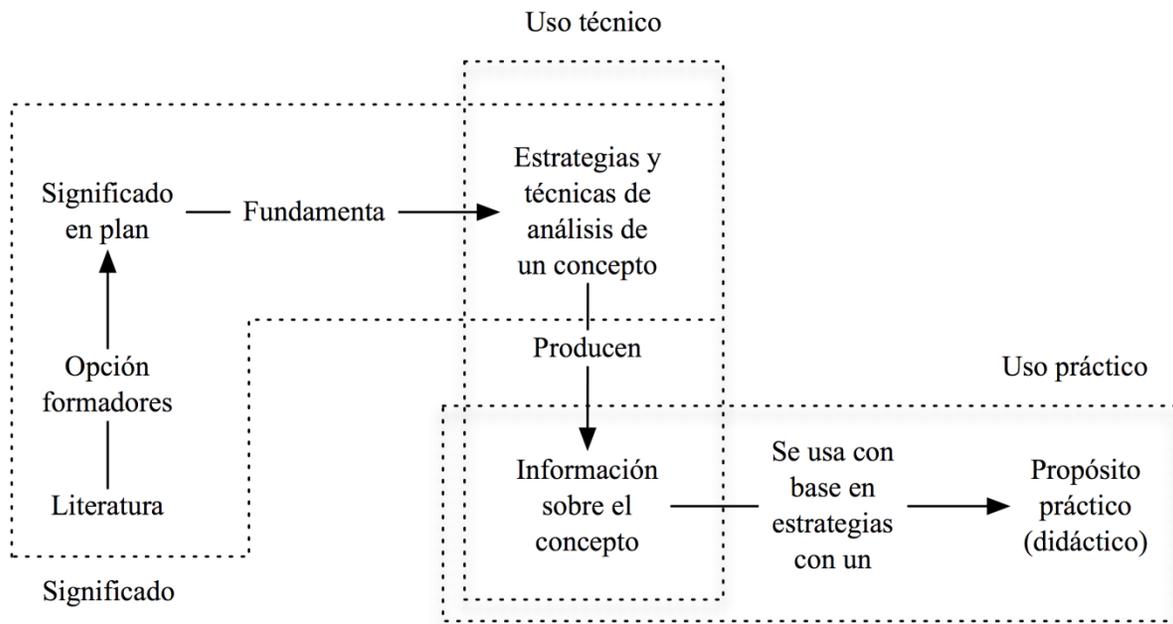


Figura 1. Significado y usos de un organizador del currículo

Los resultados de investigaciones previas (e.g., Gómez, 2007; González y Gómez, 2007, En preparación) han puesto de manifiesto una relación dinámica entre el significado, el uso técnico y el uso práctico de un organizador del currículo en los procesos de aprendizaje de los profesores en formación. Estos tres aspectos del aprendizaje de un organizador del currículo se desarrollan simultáneamente y se informan unos a otros. No es cuestión de aprender la teoría para después usarla en la práctica. La teoría (el significado de un organizador del currículo) se aprende y adquiere sentido en la práctica y la práctica progresa (el uso técnico y el uso práctico de un organizador del currículo) en la medida en que se comprende la teoría.

Otras investigaciones relacionadas con este tipo de programas de formación han puesto de manifiesto la importancia de concebir el aprendizaje de los profesores en formación desde una perspectiva sociocultural (Gómez y Rico, 2007). Los profesores aprenden cuando (a) trabajan en grupo, sobre un tema matemático concreto, (b) negocian significados y llegan a acuerdos para presentar el resultado de su trabajo a los compañeros periódicamente, (c) interpretan y reaccionan a los comentarios de los tutores y formadores, y (d) comparan su trabajo con el de los demás grupos, negocian significados con ellos y comentan y critican esos trabajos.

MAD es un programa de formación combinada². Los estudiantes de MAD son profesores en ejercicio que, por sus ocupaciones y su ubicación geográfica, no se pueden reunir en persona por fuera de las sesiones que tienen lugar en la Universidad de los Andes. Por otro lado, los formadores de MAD son profesores españoles que trabajan presencialmente con los estudiantes durante una semana, cada dos meses. Una profesora colombiana, la coordinadora local del programa, acompaña a los estudiantes en sus reuniones presenciales semanales en la universidad. Esto implica que una proporción importante de la interacción entre estudiantes, grupos, formadores y tutores es de carácter virtual.

2. Directrices para el Diseño del Programa

Las reflexiones que hemos presentado sobre el aprendizaje de los profesores en formación y el contexto de MAD dan lugar a unas directrices para la organización del aprendizaje en el programa que tienen como propósito promover el aprendizaje de los organizadores del currículo y el desarrollo de la competencia de planificación de los profesores en formación. En programas de tipo funcional, los profesores aprenden en la práctica, trabajando en grupo, interactuando virtualmente con formadores y tutores, y comparando y discutiendo su trabajo con el de los demás grupos. Es decir, los profesores en formación aprenden.

1. al poner en práctica los organizadores del currículo para analizar un tema matemático concreto;
2. al tener que contribuir individualmente al trabajo del grupo;
3. al trabajar en grupo y tener que llegar a acuerdos, con motivo de la obligación de presentar los resultados de su trabajo a sus compañeros;
4. al reaccionar sistemática y periódicamente a los comentarios de los tutores y los formadores a los borradores y las versiones finales de sus trabajos;
5. al observar el trabajo de otros grupos sobre temas matemáticos diferentes, pero usando el mismo organizador del currículo; y
6. al tener que comentar y criticar el trabajo de otros grupos.

² En inglés, “blended learning”.

3. Organización del Aprendizaje en MAD

El programa tiene una duración de cuatro semestres. En cada semestre se cursan dos módulos consecutivos y cada módulo tiene una duración de nueve semanas. El contenido de cada módulo se refiere a un análisis o aspecto del análisis didáctico. Por ejemplo, en el tercer módulo se trata el análisis cognitivo, con sus tres organizadores del currículo: expectativas, limitaciones y oportunidades de aprendizaje (Lupiañez, 2009; Rico y Lupiañez, 2008).

Los estudiantes se organizan en grupos de 4 o 5 personas. Cada grupo trabaja en un tema matemático concreto³. Los temas son seleccionados en función de los cursos que los profesores esperan dictar en el segundo año, con el fin de llevar a la práctica su propuesta de diseño curricular. Cada grupo realiza un ciclo de análisis didáctico sobre su tema a lo largo de los dos años del programa. Al final de los primeros cinco módulos, los grupos producen un diseño de la unidad didáctica. Los tres últimos módulos se centran en la implementación de la unidad didáctica, la recolección y análisis de la información con motivo de esta implementación y la producción del informe de la experiencia global.

En la primera semana de cada módulo, con motivo de la visita del formador español encargado del mismo, los estudiantes tienen clases presenciales todos los días. En estas sesiones, el formador presenta las ideas claves del módulo y establece las actividades que los grupos deberán realizar en el resto del módulo. Durante las siguientes ocho semanas, los estudiantes se reúnen presencialmente, viernes en la tarde y sábado en la mañana.

Cada módulo se configura alrededor de cuatro actividades (dos semanas por actividad). A lo largo de las dos semanas de una actividad, los grupos interactúan con formadores y tutores en la realización de su trabajo. Por ejemplo, en la segunda actividad del módulo sobre análisis cognitivo, cada grupo analiza su tema matemático desde la perspectiva de las limitaciones de aprendizaje.

Cada grupo tiene asignado un formador español como su tutor que lo acompaña a lo largo de todo el programa. Su función es comentar el trabajo del grupo guiándolo en cada una de las actividades. Además, el tutor produce, para cada actividad, un comentario de evaluación del borrador y la presentación de su grupo. Cada grupo recibe, al final de la

³ En la promoción 2010-2011 los temas fueron números enteros, noción de variable, sistemas de ecuaciones lineales y funciones trigonométricas.

actividad, estos comentarios, junto con los comentarios de la coordinadora local, y los comentarios y la nota asignada por el formador encargado del módulo. A cada estudiante se le ha asignado un grupo, que trabaja sobre un tema matemático diferente al suyo, al cual debe reaccionar sistemática y periódicamente al observar su trabajo final. El estudiante registra estos comentarios y críticas en un foro virtual.

El trabajo de los estudiantes y los grupos en las dos semanas de una actividad se organiza como se muestra en la Tabla 1. Al final de la sesión del sábado de la semana anterior, los grupos organizan su trabajo para la actividad. Del lunes al jueves de la primera semana, los grupos trabajan individualmente y algunos grupos se reúnen virtualmente. Al comienzo de la sesión del viernes de la primera semana, cada estudiante introduce en un foro virtual sus comentarios y críticas a la presentación de la actividad anterior del grupo que le fue asignado. Durante el resto de esta sesión y la mayor parte de la sesión del sábado, los grupos preparan su borrador de la actividad, que envían a su tutor y al formador encargado del módulo. Al comienzo de la semana siguiente, cada grupo recibe los comentarios de su tutor al borrador enviado. Los estudiantes trabajan individualmente de lunes a jueves a partir de estos comentarios y el viernes se reúnen para preparar su presentación. El sábado cada grupo hace una presentación de diez minutos a todos sus compañeros y a la coordinadora local. Los formadores españoles pueden asistir virtualmente a estas presentaciones o ver posteriormente el video de las mismas.

Tabla 1
Dos semanas de una actividad

Sem. anterior	Semana 1			Semana 2		
Sábado	Lunes a jueves	Viernes	Sábado	Lunes a jueves	Viernes	Sábado
	Trabajo individual	Envío comentario individual en foro actividad i-1	Trabajo en grupo	Trabajo individual	Trabajo en grupo	Envío actividad i a tutor y formador Presentación y discusión
		Trabajo en grupo				

Organización trabajo actividad i	Envío borrador a tutor	Organización trabajo actividad i+1
--	------------------------------	--

4. ¿Aprenden?

En el momento de escribir este trabajo no tenemos aún información que nos permita describir y caracterizar los procesos de aprendizaje de los profesores que participan en la primera promoción de MAD. De manera informal, hemos observado diferencias significativas en las producciones de los grupos con respecto a los dos primeros organizadores del currículo del análisis de contenido: se aprecia un avance considerable desde los ejercicios que realizaron durante la primera semana del módulo, pasando por el borrador que enviaron a su tutor y llegando a la presentación de la actividad correspondiente.

No obstante, nuestro propósito en este trabajo es poner en evidencia la coherencia entre la forma como hemos organizado el aprendizaje en MAD y nuestra posición con respecto a los procesos de aprendizaje en programas de carácter funcional. En este sentido, podemos hacer los siguientes comentarios.

MAD promueve la constitución de comunidades de práctica, al organizar el aprendizaje en un esquema de trabajo en grupo, en el que cada actividad genera aproximaciones y posiciones diferentes por parte de los miembros del grupo. Ellos deben negociar significados para llegar a acuerdos semanalmente —envío de borrador al tutor y presentación de la actividad—. MAD también genera una comunidad de práctica en clase, al promover la comparación y la crítica de los trabajos entre los grupos. Al trabajar sobre temas matemáticos diferentes, pero con un mismo organizador del currículo en cada actividad, grupos y estudiantes aprecian las diferentes aproximaciones y propuestas, reconocen las virtudes y debilidades de su trabajo y valoran la necesidad de llegar a acuerdos sobre el significado, el uso técnico y el uso práctico del organizador del currículo. De esta forma, en MAD, la teoría se aprende en la práctica. Es con motivo del trabajo práctico de analizar su tema matemático con un organizador del currículo y de negociar significados con los compañeros del grupo y con los demás grupos, que los estudiantes construyen el significado del organizador del currículo y establecen las estrategias para su uso técnico y uso práctico en contextos diferentes de un tema matemático particular.

El tutor, el formador y la coordinadora local juegan papeles trascendentales en el aprendizaje de los profesores en formación. Cada grupo debe interpretar los comentarios de su tutor al borrador y negociar los nuevos significados que surgen de ellos para resolver la actividad. Estos comentarios abren nuevos espacios de reflexión e inducen a los grupos a concretar sus significados parciales. El formador encargado del módulo interactúa con los grupos a través de los foros, en los que resuelva aquellas dudas que se refieren al módulo o al organizador del currículo de manera general. Finalmente, la coordinadora local acompaña a los grupos semanalmente resolviendo las inquietudes y dudas que surgen sobre la marcha y guiando sistemáticamente a los grupos en su trabajo.

El trabajo en las actividades del análisis didáctico constituye sistemáticamente un reto para los grupos de profesores en formación. No obstante, el grupo ve que es posible abordar la actividad. Una vez que comienza a trabajar, reconoce que debe investigar en la literatura para resolver la tarea propuesta. Al hacerlo, identifica una variedad de aproximaciones y posibilidades que debe concretar una propuesta propia. En este sentido, el trabajo nunca está terminado: siempre hay vías de mejora y profundización.

Así, los profesores se apropian de los organizadores del currículo, al ponerlos en práctica para analizar su tema matemático, al trabajar en grupo, al tener que presentar los resultados de su trabajo a sus compañeros de manera clara, al recibir y reaccionar a los comentarios de los tutores y los formadores a los borradores, y las versiones finales de sus trabajos, al observar el trabajo de los otros grupos usando el mismo organizador del currículo en otros temas matemáticos y al tener que comentar de manera crítica el trabajo de otros grupos.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto MAD de la Universidad de los Andes (Bogotá, Colombia) con la colaboración del grupo FQM-193 del PAIDI (España) y el apoyo de la Gobernación de Cundinamarca, la Fundación Carolina, la Fundación Compartir, la Fundación SM y el ICETEX (Colombia). La presentación de Pedro Gómez tiene el apoyo del proyecto del plan nacional español de I+D+I “Competencias Profesionales del Maestro de Primaria en el Área de Matemáticas en Contextos de Formación Inicial”, con referencia EDU2009-10454.

Bibliografía

- Abrantes, P. (2001). Mathematical competence for all: options, implications and obstacles. *Educational Studies in Mathematics*, 47(2), 125-143.
- Bromme, R. y Tillema, H. (1995). Fusing experience and theory: The structure of professional knowledge. *Learning and Instruction*, 5(4), 261-267.
- Gómez, P. (2005). Diversidad en la formación de profesores de matemáticas: en la búsqueda de un núcleo común. *Revista EMA*, 10(1), 242-293.
- Gómez, P. (2006). Análisis didáctico en la formación inicial de profesores de matemáticas de secundaria. En P. Bolea, M. J. González y M. Moreno (Eds.), *X Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática* (pp. 15-35). Huesca: Instituto de Estudios Aragoneses.
- Gómez, P. (2007). *Desarrollo del conocimiento didáctico en un plan de formación inicial de profesores de matemáticas de secundaria*. Granada: Departamento de Didáctica de la Matemática, Universidad de Granada.
- Gómez, P., Cañadas, M. C., Flores, P., González, M. J., Lupiáñez, J. L., Marín, A., Molina, M., Restrepo, A. y Romero, I. (2010). *Máster en Educación Matemática en Colombia*. Trabajo presentado en Seminario de Investigación de los Grupos de Trabajo Pensamiento Numérico y Algebraico e Historia de la Educación Matemática de la SEIEM, Salamanca.
- Gómez, P. y González, M. J. (2008). *Mathematics knowledge for teaching within a functional perspective of preservice teacher training*. Trabajo presentado en ICME 11 Topic Study Group 27, Monterrey.
- Gómez, P. y Rico, L. (2007). Learning within communities of practice in preservice secondary school teachers education. *PNA*, 2(1), 17-28.
- González, J. y Wagenaar, R. (Eds.). (2003). *Tuning educational structures in Europe. Informe final. Fase uno*. Bilbao: Universidad de Deusto y Universidad de Groningen.
- González, M. J. y Gómez, P. (2007). *Conceptualizing and exploring mathematics future teachers' learning of didactic notions*. Trabajo presentado en VIII Seminario de Investigación Pensamiento Numérico y Algebraico, Madrid.
- González, M. J. y Gómez, P. (En preparación). Meaning and uses in initial teacher training.
- González-López, M. J., Gil, F., Moreno, M. F., Romero, I., Gómez, P., Lupiáñez, J. L. y Rico, L. (2004). *Generic and specific competences as a framework to evaluate the relevance of prospective Mathematics teachers training syllabuses*. Trabajo presentado en Proceedings of the 28th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Bergen.
- Lupiáñez, J. L. (2009). *Expectativas de aprendizaje y planificación curricular en un programa de formación inicial de profesores de matemáticas de secundaria*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Granada, Granada.
- Rabardel, P. (2003). From artefact to instrument. *Interacting with Computers*, 15(5), 641-645.
- Rico, L., Castro, E., Castro, E., Coriat, M., Marín, A., Puig, L., Sierra, M. y Socas, M. (1997). *La Educación Matemática en la enseñanza secundaria*. Barcelona: ice - Horsori.
- Rico, L. y Lupiáñez, J. L. (2008). *Competencias matemáticas desde una perspectiva curricular*. Madrid: Alianza Editorial.

Trouche, L. (2005a). An instrumental approach to mathematics learning in symbolic calculator environments. En D. Guin, K. Ruthven y L. Trouche (Eds.), *The didactical challenge of symbolic calculators* (pp. 137-162). Dordrecht: Springer.

Trouche, L. (2005b). Instrumental genesis, individual and social aspects. En D. Guin, K. Ruthven y L. Trouche (Eds.), *The didactical challenge of symbolic calculators* (pp. 197-230). Dordrecht: Springer.

Verillon, P. y Rabardel, P. (1995). Cognition and artifacts: A contribution to the study of thought in relation to instrument activity. *European Journal of Psychology of Education*, 9(3), 77-101.

Vygotsky, L. S. (1982). El método instrumental en psicología. En L. S. Vygotsky (Ed.), *Obras escogidas* (Vol. 1, pp. 65-70). Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.