

MATEMÁTICAS, TECNOLOGÍA Y FORMACIÓN STEM

Jenny Patricia Acevedo-Rincón¹

Campo Elías Flórez-Pabón²

Eje: Rescatando la Erudición

Resumen

Esta propuesta pretende identificar indicadores de conocimiento especializado del profesor de Matemáticas bajo una propuesta STEM, del inglés, ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas. Esta investigación es cualitativa. Los resultados iniciales muestran algunos elementos teóricos frente a una propuesta de formación inicial de profesores de matemáticas, bajo una perspectiva interdisciplinaria.

Palabras clave: Matemáticas; Formación STEM; Tecnología; Formación de profesores.

Abstract

This proposal aims to identify indicators of specialized knowledge of the Mathematics teacher under a STEM proposal, of English, Science, Technology, Engineering and Mathematics. This research is qualitative. The initial results show some theoretical elements against a proposal for initial training of mathematics teachers, under an interdisciplinary perspective.

Keywords: Mathematics; STEM Education; Technology; Teacher Education

¹ Instituto de Educación en Educación (IESE), Universidad del Norte. Colombia. Correo electrónico: pjacevedo@uninorte.edu.co

² Programa de Filosofía. Facultad de Artes y Humanidades. Universidad de Pamplona. Colombia. E-mail: ceflorez@unipamplona.edu.co.

Introducción

A nivel internacional, investigaciones refieren la formación STEM como el diálogo entre las ciencias, tecnología, Ingeniería y Matemáticas (traducido del inglés). En donde esta perspectiva promueve, ante todo, la interdisciplinariedad del conocimiento. Esto es, trascender las barreras de lo disciplinar, a un conocimiento permeado por distintas áreas, de las cuales, los profesores de matemáticas no deben ser ajenos. Nuevas generaciones de profesores de matemáticas se forman en diferentes universidades, en donde, a pesar de las distintas reformas a los planes de estudio, en el fondo, se continúa pensando en lo puro del área de las matemáticas, y la no necesidad de ser parte de un grupo de ciencias, a las que pueden integrar los conocimientos. Es decir, a pesar de las reformas, seguimos pensando en formación disciplinar del profesor de matemáticas, no llegando a ver transferencia del saber a otras áreas del conocimiento.

En el caso de Colombia, la formación de profesores ha atravesado momentos de formación netamente matemática, que dejaba de un lado la formación didáctico-pedagógica del profesor. Posteriormente, una nueva generación de licenciados, vivió una formación que primaba el saber didáctico-pedagógico sobre el saber disciplinar, creando un desequilibrio innecesario, pues la superficialidad en el saber, redundaba en las pocas bases que los estudiantes para profesor puedan ofrecer a sus futuros estudiantes en colegios. Toda política pensada desde los grandes gobiernos, redundaba en ventajas o desventajas para los estudiantes en las distintas instituciones educativas.

A continuación se hará un recorrido desde lo especializado del conocimiento del profesor bajo un modelo evolucionado del conocimiento matemático, pedagógico y didáctico, para posteriormente encontrar las relaciones que podrían establecerse a partir del análisis de lo disciplinar en un modelo interdisciplinar como lo plantea la formación STEM, dentro de una propuesta de formación de profesores.

El modelo MTSK

Desde la propuesta de Shulman (1987) referente a los dominios del conocimiento del profesor, varias conceptualizaciones del conocimiento del profesor ha emergido, especialmente en el ámbito de la matemática (por ejemplo, *Mathematical Knowledge for Teaching – MKT* (Ball, Thames y Phelps,; 2008); *Mathematics Teachers' Specialized Knowledge – MTSK* (Carrillo *et al*, 2013; Ribeiro, *et al*; 2013, 2016). Todas estas propuestas tienen en común el hecho de considerar en las especificidades del conocimiento del profesor, lo que refiere también a la dimensión matemática de ese conocimiento. En particular, la conceptualización del MTSK (Carillo, et. al., 2013) asume la especialización del conocimiento del profesor de/que enseña matemática como un elemento central del saber docente, considerando así todo conocimiento del profesor como especializado. Esto es, tanto el conocimiento del contenido como el conocimiento didáctico y pedagógico. El MTSK, sustentado en las ideas de Shulman (1987) y Ball y colegas (2008), pero refinándolas considera dos subdominios: *Mathematical Knowledge* (Conocimiento de los temas, conocimiento de la estructura de las matemáticas, conocimiento de la práctica matemática) y *Pedagogical Content Knowledge* (Conocimiento de la enseñanza de las matemáticas, conocimiento de las características

de aprendizaje de las matemáticas, y conocimiento de los estándares de aprendizaje de las matemáticas) de acuerdo con el esquema propuesto por Carrillo y otros (2013, p. 2989). En el centro de este esquema, de forma hexagonal, se encuentran las creencias (Figura 1).

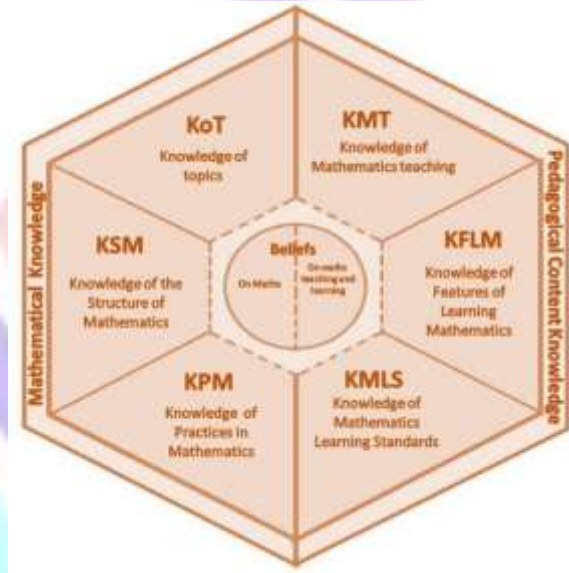


Figura 1. The Mathematics Teacher's Specialized Knowledge model

Fuente: Carrillo *et al* (2013)

Esta investigación considera al conocimiento desde la perspectiva teórica del Conocimiento especializado del profesor de Matemática, (Mathematics Teacher Specialized Knowledge, MTSK por sus siglas en inglés) se constituye en una conceptualización que asume la especialización del conocimiento del profesor de/que enseña matemáticas como un elemento central del saber docente, considerando así todo conocimiento del profesor como especializado.

El Conocimiento Especializado del profesor que enseña Matemática es usado como referencial teórico en trabajos de Educación Matemática como forma de análisis de raciocinios diversos de (futuros) profesores al realizar y resolver tareas de la matemática escolar (Ribeiro, et. al. 2013; Jakobsen, et. al. 2014; Mellone, et. al. 2015; Mellone, et. al. 2016; Ribeiro, et. al. 2016). Este tipo de conocimiento es caracterizado como parte del SCK (*Specialized Content Knowledge*). Según Rowland et.al. (2005), este tipo de conocimiento involucra la capacidad del profesor de hacer elecciones acertadas en los momentos de contingencia, respondiendo a las situaciones como ellas emergen con el fin de ofrecer un conocimiento matemático sustentable en los estudiantes. Esto es, el conocimiento especializado del profesor que enseña matemática, es aquel con el cual el profesor hace sentido (matemático) de las respuestas de los estudiantes, lo cual se diferencia del conocimiento común (*Common Content Knowledge*), que representa el conocimiento pedagógico (*Pedagogical Content Knowledge*), porque en el conocimiento especializado (*Specialized Content*

Knowledge), los estudiantes usan otros raciocinios para la resolución de tareas, siendo que con este los estudiantes constituyen el pensamiento matemático.

En este sentido, los profesores están familiarizados con los ejemplos, estrategias y representaciones, utilizadas para cada situación propuesta a los estudiantes. Y, con base en esto, los profesores identifican posibles formas de razonamiento y errores en los que se incurren al aplicar procedimientos sin conciencia de aplicación, o, también, razonamientos no concluidos de los estudiantes. Pero, el profesor no conoce todas las respuestas posibles que pueden dar sus estudiantes. Lo cual significa que ni todas las respuestas pertenecen a las estrategias y representaciones que el profesor de matemática conoce, y que hacen sentido para la solución de los problemas. De esta manera Jakobsen, Ribeiro y Mellone, se refieren a este tipo diferente de raciocinio como:

Los profesores deben poseer un rico y amplio conocimiento de ejemplos, estrategias y representaciones para la resolución de problemas que les permite hacer sentido no sólo para las soluciones semejantes a las suyas, sino también tener sentido de las respuestas, raciocinio y estrategias de los estudiantes, así mismo con aquellas diferentes a su propia solución y, por lo tanto, raciocinio y estrategias que podrían estar afuera de su propio espacio de soluciones (2014, p. 138).

Es preciso aclarar que aquel espacio al que se refieren corresponde al espacio propio de las respuestas del profesor. En este sentido, el espacio de soluciones responde, por ejemplo, no a una única solución, sino al conjunto de soluciones de un problema, con otros abordajes para llegar a la(s) respuestas(s). Esto es, ni sólo las soluciones propias de las matemáticas, sino de las que provienen de la experiencia como (futuro) profesor, permitiendo con esto, la posibilidad de dar otros sentidos a las respuestas, lo cual necesita de: “un conocimiento matemático complejo, más profundo y más amplio del que conoce por sí mismo, o mismo pensar en múltiples soluciones/abordajes posibles” (Jakobsen, Ribeiro e Mellone, 2014, p. 138). Así mismo, la exploración del conocimiento interpretativo del profesor que enseña matemáticas, exige del (futuro) profesor una flexibilidad y amplitud del conocimiento, y pensar más allá de la respuesta que es percibida ante sus ojos.

Y no solo se habla de raciocinios en contextos propios del área, sino que estos deben llevarse a los estudiantes, hacia la interpretación de estos en contextos de otras áreas, y/o en situaciones cotidianas, tal y como lo nombran los estándares Básicos de competencias en matemáticas (MEN, 2006), en donde encontrar la manera de transferencia del mundo matemático a otras áreas, o de otras áreas al mundo de las matemáticas, podría ampliar el espectro de conocimientos del estudiante, y sobretodo, ver la aplicabilidad en los conceptos estudiados.

El lugar de las Matemáticas en la formación STEM

La fragmentación de los saberes ha hecho que, en situaciones globalizadas, como el caso de la pandemia que vivimos, no sea fácil hacer abordajes multidisciplinares. Los

cambios en las agendas de investigación apuntan hacia la necesidad de formar nuevas generaciones con formación interdisciplinar y multidisciplinar, como lo resalta Sanders (2009) al referirse a la preocupante falta de preparación académica multidisciplinaria. Desde la década de los 90, la educación STEM se posiciona como un enfoque multidisciplinario e interdisciplinario que modelan situaciones del mundo real, por medio de los cuales se establecen relaciones interdisciplinarias entre las áreas de conocimiento, tal es el caso de la Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática (Chesky y Wolfmeyer, 2015; Holmlund, Lesseig y Slavitt, 2018). De esta manera, dentro de los principales objetivos de la formación STEM se encuentra:

[...] fomentar un dominio tanto disciplinar como de aplicación en otras áreas; asimismo, alentar (a los estudiantes) a la construcción de su propio conocimiento del mundo que los rodea y fomentar la toma de decisiones reflexivas a partir de un pensamiento crítico (Keiler, 2018; Li, Ernst y Williams, 2016; Maass, O'Meara, Johnson, y O'Donoghue, 2018).

Desde esta perspectiva, la formación STEM, no habla de juntar per se las áreas de manera aislada, sino que debe existir relaciones de saberes de por lo menos dos áreas STEM en su desarrollo. Por lo que países como China y Estados Unidos incorporaron programas especializadas y formación escolar en STEM; además, otros países como Francia, Japón, Escocia y Sudáfrica han estructurado políticas públicas que permiten el desarrollo de la formación STEM de sus ciudadanos a través de experiencias paralelas al currículo escolar (Slavitt et al., 2016).

A partir de estas propuestas se plantea la necesidad de formar nuevas generaciones de profesores, con conocimientos alejados de la segmentación, pero también con un amplio espectro del saber disciplinar, que le permita ver la aplicabilidad de los conceptos y la transferencia de habilidades y capacidades, a otras áreas del saber. Para esto, es necesario también “ampliar investigaciones y evidencia empírica que permita determinar qué hace que un programa sea efectivo, de acuerdo a la forma en que la investigación y las políticas sugieren que ‘deberían’ enseñar” (Wilson, 2011). Esto es, para ampliar este panorama, es necesario reconocer el diseño STEM, las implicaciones de una formación STEM para futuros profesores, además de garantizar una formación de formadores que realmente tengan la experiencia suficiente y que les permita ver más allá de la aplicabilidad inmediata del saber disciplinar en situaciones puntuales.

No obstante, aunque parezca un modelo adecuado para la sociedad del siglo XXI, no existe aún un vasto referente de estas investigaciones, particularmente en el área de matemática. Por lo que, aunque muchos son los profesores y estudiantes para profesor que están interesados en participar de este modelo, aún no se sienten preparados para implementarlo (Nadelson y Seifert, 2017; Shernoff, Sinha, Bressler, y Ginsburg, 2017).

Posibilidades de la formación STEM bajo el modelo MTSK

A través del texto se han propuesto aspectos que podrían beneficiar la formación del futuro profesor de matemáticas, más allá de la formación disciplinar, por lo que una de las preguntas que aquí surgen es, entonces, ¿Cuáles son las posibilidades de formar

una nueva generación de profesores bajo el modelo STEM, sin abandonar la idea de tener una formación disciplinar, pedagógica y didáctica adecuada?

A partir de los presupuestos iniciales, se pretende dar a conocer que, principalmente, una formación STEM no puede alejarse del todo de la formación disciplinar, sino que, por el contrario, debe ser una formación transversal al conjunto de disciplinas que conforman el currículo de formación de los futuros profesores, en el caso de formación inicial, y, una serie de formaciones orientadas a reconocer la aplicabilidad, transferencia y transversalidad de los conocimientos de las áreas STEM, inicialmente en proyectos que multidisciplinares que converjan en por lo menos dos de sus áreas.

Por consiguiente, surge la pregunta que relaciona un modelo centrado en la formación específica y especializada del profesor que enseña matemática, y el profesor en formación: ¿qué elementos del conocimiento especializado del profesor que enseña matemáticas son considerados en la formación inicial de profesores de matemáticas bajo una perspectiva STEM? Lo cual permitirá identificar elementos teóricos y metodológicos dentro del conocimiento especializado del profesor que enseña Matemáticas que permitan incorporarse en un modelo de formación STEM, y que, además, propongan proyectos, actividades, estrategias, preguntas y situaciones que permitan ir más allá del conocimiento fraccionado de alguna de las áreas STEM. Lo anterior no implica caer en la superficialidad del conocimiento, sino en la especialización de un conocimiento que apoye a otras áreas de formación, a partir de prácticas interdisciplinares (Acevedo-Rincón, 2018).

Para esto, es necesario realizar una propuesta curricular, bajo una metodología cualitativa que permita asumir un estudio de caso de una generación de nuevos profesores de matemáticas, inicialmente en etapa de prácticas docentes, y posteriormente, ir escalonando hasta llegar a la formación inicial, desde el primer de ingreso a la carrera, en la que cada una de las prácticas, privilegie el conocimiento matemático, pero a partir de situaciones exploratorias de los estudiantes, que involucren diferentes áreas, no solamente ingeniería, sino modelaciones constantes que permitan ver cómo todos los conocimientos confluyen en el lugar común de dar respuesta ante una situación inicial. De esta manera, el estudio de caso, de profesores en formación velará por la comprensión de la complejidad del caso particular (Stake, 2005; 2010) de la formación de profesores en práctica y contribuirá en dar una amplia comprensión de las prácticas y del conocimiento del grupo de (futuros) profesores que enseñan matemática, a medida que reflexionan sobre las complejidades de los procesos y momentos imbricados en la planeación, implementación y discusión de las clases de matemáticas (Wenger, 1998). Por lo tanto, no refiere a una persona solamente, sino a un grupo que participa de modo que auxilia o influencia en la planeación, y en consecuencia en la clase de matemática bajo la perspectiva STEM.

Algunas reflexiones

El principal propósito de la educación STEM no es ser los mejores en cada área, como algunos autores lo plantean (p. ej. Satchwell y Loepp, 2002); lo fundamental son las relaciones explícitas entre saber y hacer (Kelley y Knowles, 2016; Slavit, Nelson y

Lesseig, 2016; Carmona-Mesa, Cardona, Castrillón-Yepes y Villa-Ochoa, 2018a; 2018b). La perspectiva STEM promueve trascender del conocimiento meramente disciplinar, a un conocimiento que permea distintas áreas, el cual se hace indispensable para la formación de nuevas generaciones de profesores de matemáticas. Los movimientos curriculares en la formación inicial y continuada de matemáticas, revelan necesidades que en la actualidad lo disciplinar no logra sus objetivos, como lo demuestran las pruebas nacionales (pruebas saber), si se sigue abordando la matemática de manera aislada y poco relacionable con las otras áreas, como por ejemplo, las ciencias, la ingeniería y la tecnología. Precisamente, la matemática se considera un área que, además de indispensable, remite a la necesidad de contextos interdisciplinarios que fundamenta otros modelos de pertinencia en la realidad de la formación docente, como en el caso de Colombia, para dar solución a problemas que provienen del mundo real (Sanders, 2012). Una matemática más real, y evidentemente evidenciable a través de las áreas de ciencias, tecnología o ingeniería, permiten aprender de/en las prácticas con interdisciplinarias a las nuevas generaciones de futuros profesores de matemáticas.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo-Rincón, J. P. Aprendizagens profissionais docentes do (futuro) professor de Matemática situadas em um estágio interdisciplinar. 2018. 282 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 2018.
- Ball, D.; Thames, M. H.; Phelps, G. Content Knowledge for Teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education*, v. 59, p. 389–407, 2008.
- Carmona-Mesa, J. A., Cardona, M. E., Castrillón-Yepes, A., & Villa-Ochoa, J. A. (2018b). Experimentación y Tecnología en la enseñanza de las Matemáticas. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Carrillo, J. et al. Determining specialised knowledge for mathematics teaching. In: UBUZ, B.; HASER, C.; MARIOTTI, M. A. (Ed.). *Proceedings of the CERME 8. Middle East Technical University: Ankara, Turquía*, 2013. p. 2985-2994.
- Chesky, N. Z., & Wolfmeyer, M. R. (2015). *Philosophy of STEM Education (Vol. 44)*. New York: Palgrave Macmillan US. doi:10.1057/9781137535467
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavit, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 32. doi:10.1186/s40594018-0127-2
- Jakobsen, A.; Ribeiro, M; Mellone, M. Norwegian prospective teachers’ MKT when interpreting pupils’ productions on a fraction task. *Nordic Studies in Mathematics Education*, 2014, 19 (3-4), 135–150.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11. doi:10.1186/s40594-0160046-z.

- Keiler, L. S. (2018). Teachers' roles and identities in student-centered classrooms. *International Journal of STEM Education*, 5(1). doi:10.1186/s40594-018-0131-6
- Maass, J., O'Meara, N., Johnson, P., & O'Donoghue, J. (2018). *Mathematical Modelling for Teachers*. Cham: Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-030-00431-6
- Mellone, M.; Jakobsen, A.; Ribeiro, C., M. Mathematics educator transformation(s) by reflecting on students' non-standard reasoning. In K. KRAINER & N. VONDROVA, *Proceedings CERME 9*, Prague: ERME, 2015, pp. 2874- 2880.
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 221–223. doi:10.1080/00220671.2017.1289775.
- Ribeiro, M.; Mellone, M; Jakobsen, A. Characterizing prospective teachers' knowledge in/for interpreting students' solutions. In A. M. LINDMEIER & A. HEINZE (Eds.). *Proceedings of the 37th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, Vol. 4, pp. 89-96, 2013, Kiel, Germany: PME.
- Ribeiro, M.; Mellone, M; Jakobsen, Interpreting students' non-standard reasoning: Insights for Mathematics Teacher education. *For the Learning Mathematics (FLM)*, 36(2), July, 2016, pp. 8-13.
- Rowland, T., Huckstep, P., & Thwaites, A. Elementary teachers' mathematics subject knowledge: the knowledge quartet and the case of Naomi. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 2005, 8, 255-281.
- Sanders, M. (2012). *Integrative STEM education as 'best practice'*. *Explorations of Best Practice in Technology, Design and Engineering Education*, 2, 102–117.
- Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 13. doi:10.1186/s40594-017-0068-1
- Shulman, L. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1987, 1–22.
- Slavit, D., Nelson, T. H., & Lesseig, K. (2016). The teachers' role in developing, opening, and nurturing an inclusive STEM-focused school. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 7. doi:10.1186/s40594-016-0040-5
- Stake, R. (2005). Qualitative Case Studies. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *The Sage handbook of qualitative research*, pp. 443 – 466.
- Stake, R. (2010). *Qualitative research. Studying how things work*. The Gilford Press. New York - London .

Villa-Ochoa, J. A. (2011). La comprensión de la tasa de variación para una aproximación al concepto de derivada. Un análisis desde la teoría de Pirie y Kieren (Tesis de doctorado). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Wenger, E. (1998). Communities of practice. Learning, meaning and identity. Cambridge: Cambridge University Press.

Wilson, S. M. (2011). Effective Stem Teacher Preparation, Induction, and Professional Development. The Committee on Highly Successful Schools or Programs for K-12 STEM Education, 1–23.