

El conocimiento disciplinar de una profesora enseñando ciencias y matemáticas

Paula García-Viso ¹ 

Nuria Climent Rodríguez ² 

M^a Ángeles de las Heras Pérez ³ 

Resumen

Este capítulo estudia el conocimiento de una maestra experta de primaria cuando enseña ciencias y matemáticas, con atención a su conocimiento del tema en cada disciplina. A partir de un estudio de caso, se observaron dos sesiones de clase, una sobre órganos del cuerpo humano, en ciencias, y otra sobre la multiplicación, en matemáticas. Como resultado, la maestra muestra conocimiento sobre la función de los órganos, sobre hechos y fenómenos, y sobre la interpretación de la multiplicación como adición repetida, como reiteración de una cantidad y como significado del símbolo “ x ”. Los hallazgos revelan su dominio del tema y muestran semejanzas y sutiles diferencias en el conocimiento de ambas disciplinas. Este hecho plantea un estudio futuro sobre las posibles transferencias de conocimiento entre estas dos áreas, de modo que contribuya al conocimiento de los docentes de primaria que enseñan ciencias y matemáticas.

Palabras clave: conocimiento especializado, órganos, multiplicación, educación primaria, docente.

¹ paula.garcia@ddi.uhu.es

Universidad de Huelva, Andalucía, España

² climent@uhu.es

Universidad de Huelva, Andalucía, España

³ angeles.delasheras@ddcc.uhu.es

Universidad de Huelva, Andalucía, España

Introducción

El conocimiento docente es un factor central en la calidad de la enseñanza (Barendsen y Henze, 2019) y favorece aprendizajes con sentido en el aula (González et al., 2022). Para enseñar ciencias y matemáticas con solvencia, los docentes deben poseer tanto conocimiento del contenido (SMK) como conocimiento didáctico del contenido (PCK) (Shulman, 1986). Mientras que el PCK ha sido objeto de amplia investigación en la enseñanza de las ciencias (Gess-Newsome, 2015; Park y Oliver, 2008), el SMK ha recibido menor atención (Hallman-Thrasher et al., 2019; Rollnick y Mavhunga, 2016).

Aunque los estudios señalan la importancia del conocimiento de la disciplina como condición necesaria para el desarrollo del PCK del docente (Pitjeng-Mosabala y Rollnick, 2018), la mayoría de las investigaciones han puesto mayor énfasis en la etapa de secundaria para analizar el conocimiento de los profesores de ciencias (Chan y Hume, 2019). Sin embargo, es necesario estudiar cómo el SMK influye en la enseñanza en primaria, dado su impacto en la interacción entre docente y estudiante y en la comprensión de conceptos científicos y matemáticos, y en matemáticas se considera un prerrequisito del PCK (Depaepe et al., 2013).

Este estudio busca aportar a la investigación sobre el conocimiento docente de ciencias y matemáticas mediante el análisis de una docente con amplia experiencia, cuya trayectoria favorece el desarrollo del conocimiento disciplinar sobre los temas que enseña (Nixon et al., 2018) en ambas áreas. Además, los estudios suelen limitarse al análisis de una sola área de conocimiento (p. ej., Greensfeld y Gross, 2020; Seguí y Alsina, 2023). Sin embargo, esta investigación ofrece un estudio detallado de dos disciplinas y sitúa la atención en la educación primaria (p. ej., Amador et al., 2022), etapa en la que un mismo docente imparte ciencias y matemáticas.

Marco teórico

El conocimiento docente que enseña matemáticas ha sido ampliamente estudiado desde diversas perspectivas teóricas. Tomamos como referente el modelo de conocimiento especializado del profesor de matemáticas (MTSK, por sus siglas en inglés) de Carrillo et al. (2018), por su relevancia en el estudio del conocimiento docente y por su aporte a la comprensión de la enseñanza de las matemáticas. Este modelo propone analizar el saber del docente a partir de su conocimiento del contenido matemático (SMK) y del conocimiento didáctico del contenido (PCK), además de las creencias sobre las matemáticas y sobre su enseñanza y aprendizaje.

Por otro lado, en ciencias son habituales los estudios sobre el conocimiento didáctico del contenido del profesor (Mahler et al., 2017), lo que resta peso al estudio del conocimiento del contenido que muestran

estos docentes. Por este motivo, acudimos a la categorización del SMK que propone Luís (2021) en su estudio sobre el conocimiento especializado de profesores de biología (BTSK, por sus siglas en inglés). Este modelo se basa en el MTSK, de ahí la semejanza e incluso, en algunos casos, la coincidencia entre algunas de las categorías que conforman los subdominios del modelo. En la Tabla 1 podemos observar dicha analogía en el subdominio del conocimiento del tema en ambos modelos, entendido este como el conocimiento detallado de los contenidos en que se desglosan los temas matemáticos (MTSK) o biológicos (BTSK).

Tabla 1
Categorías del conocimiento del tema de profesores de ciencias y matemáticas

SUBDOMINIO. Conocimiento del tema		
MODELOS	BTSK	MTSK
	Procedimientos y técnicas de observación	Procedimientos
	Conceptos de la biología y de ejemplos asociados	Definiciones, propiedades y su fundamento
CATEGORÍAS	Leyes, principios y teorías	
	Modelos asociados al contenido	Registros de representación
	Hechos y fenómenos	Fenomenología y aplicaciones

En ambos casos, el dominio del conocimiento del contenido comprende los subdominios de conocimiento del tema, conocimiento de la estructura de la disciplina y conocimiento de la práctica de las matemáticas o conocimiento de la naturaleza de las ciencias, en el caso del BTSK. En este estudio, nos centramos en el conocimiento de los temas y en la categorización de la Tabla 1.

Para aclarar las categorías que surgen del BTSK, en la Tabla 2 detallamos algunos ejemplos que ayudan a su comprensión.

Tabla 2
Ejemplos de categorías del conocimiento del tema de profesores de ciencias

Procedimientos y técnicas de observación	<i>Conoce que las condiciones meteorológicas afectan a la calidad de la observación al microscopio</i>
Conceptos de la biología y de ejemplos asociados	<i>Conoce que el embrión está formado por la radícula, el caulículo y las hojas primarias</i>
Leyes, principios y teorías	<i>Conoce que el agua es necesaria para la germinación</i>
Modelos asociados al contenido	<i>Conoce el modelo de flor completo</i>
Hechos y fenómenos	<i>Conoce el fenómeno de la germinación de los granos de polen</i>

De esta forma, como puede verse en la Tabla 1, existen diferencias entre el MTSK y el BTSK en la categoría Registros de representación y Modelos asociados al contenido. Esta última se define como “Conocimiento de estructuras, esquemas, modelos o registros que permiten diferentes representaciones de un contenido dado” (Luís, 2021, p. 157). En cuanto a la diferencia entre la categoría Fenomenología y aplicaciones y Hechos y fenómenos, Luís (2021) describe esta última como “Conocimiento de los hechos como verdades dogmáticas y de los fenómenos biológicos como procesos y secuencias de acontecimientos biológicos” (p. 162). En otras dos categorías, procedimientos y definiciones, ambos modelos coinciden en la consideración de su contenido.

A partir de ello, nos proponemos estudiar el conocimiento de los temas que muestra una profesora experta de educación primaria cuando enseña ciencias y matemáticas. Las preguntas de estudio son las siguientes. ¿Qué conocimiento especializado de los temas muestra la maestra cuando enseña los órganos del cuerpo humano? ¿Qué conocimiento especializado de los temas muestra la maestra cuando enseña la multiplicación y la tabla del 2?

Metodología

Este trabajo surge en el marco de una tesis doctoral, centrada en el conocimiento especializado docente de matemáticas y ciencias experimentales, que tiene entre sus objetivos identificar el conocimiento que emplean maestros de Educación Primaria que enseñan ciencias y matemáticas.

Participante y contexto

Nuestra informante es una maestra de un aula de 2.º de Educación Primaria en Portugal (estudiantes de 7 y 8 años).

La elección de esta maestra se justifica por sus años de experiencia y su formación (26 años como maestra de primaria, titulada en Educación Primaria y con una tesis doctoral en didáctica de las ciencias experimentales), lo que la sitúa en una posición reflexiva en relación con su práctica.

Método

Para esta investigación hemos realizado un estudio de caso (Yin, 2018) de una maestra experta que enseña ciencias y matemáticas en un colegio público del sur de Portugal. La técnica de recogida de datos fue la observación no participante, con soporte de audio y videograbaciones. Observamos dos sesiones de una hora cada una, en las que trabajó contenidos matemáticos, la multiplicación, y contenidos de ciencias, los órganos del cuerpo humano. Los contenidos se seleccionaron por su potencial para evidenciar el conocimiento de los temas de la maestra. Los

datos obtenidos de las videograbaciones se transcribieron y se analizaron mediante análisis de contenido (Krippendorff, 2018). Con tal fin, usamos como instrumento de análisis las categorías de los modelos de conocimiento especializado docente, por un lado, de matemáticas y, por otro, de biología (Tabla 1). Nos servimos de las categorías de BTSK para el análisis de las sesiones de ciencias. Los contenidos fueron seleccionados por el potencial para evidenciar el conocimiento de los temas de la maestra. Los datos obtenidos de las videograbaciones han sido transcritos y analizados mediante un análisis de contenido (Krippendorff, 2018).

Resultados

A continuación, mostramos los resultados obtenidos del análisis relativo al subdominio del conocimiento de los temas (KoT), tanto los relacionados con la asignatura de ciencias como los de matemáticas. Se observan varias unidades de información, en adelante U, en las que se aprecian evidencias de conocimiento.

Conocimiento especializado de la maestra cuando enseña los órganos del cuerpo humano

Podemos decir que, en la sesión de ciencias, la maestra muestra conocimiento sobre el contenido (KoT). Son numerosas las evidencias que muestran su dominio de los conceptos, las formas y las funciones de los órganos que se trabajan. Por ejemplo.

Maestra: *Los riñones son importantes, son importantes porque se encargan de limpiar la sangre, sacando muchos productos tóxicos de ella.* [U1]

[...]

Estudiante: *La función de los pulmones es intercambiar gases para suministrar oxígeno a la sangre y eliminar el dióxido de carbono.*

Maestra: *Eso es todo. Para eso sirven los pulmones. Para que el cuerpo pueda intercambiar oxígeno por dióxido de carbono, sólo para eso, para nada más.* [U2]

De este modo, la maestra conoce la función principal de los riñones y de los pulmones (KoT(S), *Conceptos, leyes, principios, teorías y ejemplos*).

Igualmente, evidencia conocimiento sobre la posición y principal función del corazón, así como sobre la función principal del estómago (KoT(S), *Conceptos, leyes, principios, teorías y ejemplos*):

Maestra: *Entre los dos pulmones está el corazón, el corazón, el corazón. El corazón es un músculo muy fuerte y también tiene una función muy importante. Es el corazón el que transporta la sangre por todo nuestro cuerpo y es la sangre [la] que transporta nutrientes, oxígeno y otras sustancias por todo el cuerpo.* [U3]

Maestra: *El estómago es uno de los órganos encargados de digerir los alimentos. Cuando los alimentos se mastican y se tragan, bajan por un canal y se depositan en el estómago. El estómago es una bolsa muscular. Hecha de músculo, mezcla los alimentos con los líquidos del cuerpo, los transporta y los convierte en trozos.* [U4]

Como podemos observar, estos resultados reflejan el interés de la maestra por resaltar los conceptos, funciones y localizaciones de los cuatro

órganos que van a trabajar en las próximas sesiones (KoT(S), *Conceptos, leyes, principios, teorías y ejemplos*). En relación con la posición del corazón, la maestra plantea lo que denomina una “curiosidad” en forma de pregunta acerca del tamaño de los pulmones (KoT(S), *Hechos y fenómenos*):

Estudiante: [Lee una pregunta en la pizarra digital] *¿Sabías que el pulmón izquierdo es más pequeño que el derecho? ¿Es cierto?*

Maestra: *¿Pero por qué uno es más grande que el otro?*

Estudiante: *Porque uno debe tener buen oxígeno y el otro no.*

Maestra: *No, no es por eso. Ah, mira lo que hay aquí en medio [se señala la zona del corazón], vamos, ¿qué hay en medio?*

Estudiante: *El corazón.*

Maestra: *Eso que está en el medio es el corazón. Entonces, para hacerle lugar al corazón, los otros órganos tuvieron que acomodarse. Y el corazón está un poco más a la izquierda aquí, no está del todo en el medio, está un poco más a la izquierda. [U5]*

De ello se desprende que la docente asocia la posición que ocupa el corazón en el cuerpo humano, ligeramente desplazado hacia la izquierda, con el hecho de que el pulmón izquierdo es más pequeño que el derecho (KoT(S), *Hechos y fenómenos*).

Conocimiento especializado de la maestra cuando enseña la multiplicación

Cuando la maestra empieza a trabajar el concepto de multiplicación con los estudiantes, pone en juego su conocimiento del tema (KoT).

La maestra conoce la definición de multiplicación como suma sucesiva (KoT(M), *Definiciones, propiedades y su fundamento*).

[Alumno lee un párrafo del libro de texto: Para calcular cuántos balones tienen las dos niñas, podemos hacer sumas sucesivas o una multiplicación]

Maestra: *¿Qué son las sumas sucesivas? La suma sucesiva es $3 + 3$, pero podría ser $3 + 3 + 3 + 3$ [en relación con el libro de texto, que asocia $3+3$ a 2×3]. [U6]*

La maestra asocia el símbolo de multiplicación al significado “veces” (que se repite una cantidad) (KoT(M), *Registros de representación*) y la multiplicación a la unión de conjuntos del mismo cardinal (KoT(M), *Definiciones, propiedades y su fundamento*):

Maestra: *Tenemos un nuevo signo, tenemos un nuevo signo. ¿Han visto el signo? Conocemos el signo menos [hace el gesto con un dedo en horizontal], el signo más [gesticula cruzando un dedo vertical y otro horizontal] y ahora el signo veces [hace una X con dos dedos], es un signo nuevo. ¿Y cómo se dice este signo? Dos veces 3. ¿Cuántas veces? ¿Cuántas veces veo 3 globos ahí? Una vez hay 3 globos o una vez hay 3 globos, puedo ver 3 dos veces. [U7]*

La maestra muestra que conoce, al explicar a los estudiantes, qué es la multiplicación (KoT(M), *Definiciones, propiedades y su fundamento*), con atención a dos sentidos. Como suma sucesiva (U6) y como el número de ocasiones en las que una misma cantidad se repite (U7).

Conclusiones

El análisis de la sesión de ciencias muestra la importancia que la maestra otorga al conocimiento de los temas (KoT) sobre los órganos principales del cuerpo humano, corazón, pulmones, riñones y estómago. La docente pone el acento en la comprensión de sus conceptos y funciones para

construir una base científica consistente en los estudiantes. Además, introduce hechos “curiosos”, como la diferencia de tamaño entre los pulmones por la posición del corazón, en línea con la idea de Damerau et al. (2022) sobre partir del estudio individual de los órganos para establecer relaciones. Un conocimiento amplio de los hechos científicos ayuda a explicar los procesos biológicos con precisión y favorece el paso de conceptos abstractos a detalles concretos (Andersson et al., 2019).

En matemáticas, la maestra centra el conocimiento del tema (KoT) en la enseñanza de la multiplicación, que explica como adición repetida y en relación con su notación simbólica. Esta comprensión ayuda a que los estudiantes afiancen el concepto y comprendan su representación matemática.

La formación y la experiencia de los docentes ocupan un lugar relevante en la enseñanza de matemáticas y ciencias. Su conocimiento del contenido les ayuda a hacer comprensibles los conceptos y a orientar la instrucción (Bose y Bäckman, 2020; Campbell et al., 2018). Además, enriquece su propia experiencia en el aula, espacio en el que construyen su práctica docente (Piasta et al., 2014).

Los resultados muestran que, así como encontramos similitudes en el conocimiento de ambas disciplinas, también aparecen conocimientos exclusivos de cada una en el conocimiento del tema (KoT). Cuando comparamos hallazgos entre diferentes disciplinas, matemáticas y ciencias, las diferencias epistemológicas entre ellas no implican que cada una deba restringirse a sus propios marcos teóricos. Estas diferencias abren la posibilidad de reflexionar sobre los aspectos centrales de la enseñanza (Amador y Weston, 2024). Además, el conocimiento y los enfoques desarrollados en una disciplina pueden tener utilidad y aplicación en otras áreas del conocimiento.

Podemos decir que disponer solo de los datos de las videgrabaciones supone una limitación en nuestra investigación, puesto que podríamos ahondar más en los resultados obtenidos si hubiésemos tenido oportunidad de incluir otros factores que influyen en el conocimiento de la docente, como entrevistas o el cuaderno de la maestra.

El estudio pone de manifiesto la necesidad de que los docentes de ciencias y matemáticas cuenten con un conocimiento amplio de los temas que enseñan. De aquí se derivan líneas futuras de investigación vinculadas con la formación de los maestros de Educación Primaria que enseñan varias materias, entre ellas ciencias y matemáticas.

Agradecimientos

Esta propuesta forma parte de del Proyecto ProyExcel_00297, de la convocatoria de subvenciones a Proyectos I+D+i universidades y entidades

públicas de investigación 2021, Junta de Andalucía. Esta publicación es parte del proyecto PID2021-122180OB-100, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y FEDER Una manera de hacer Europa. Un agradecimiento especial al grupo de investigación DESYM (HUM-168) y al Centro de Investigación COIDESO (Universidad de Huelva).

Referencias

- Amador, J. M., Rogers, M. A. P., Hudson, R., Phillips, A., Carter, I., Galindo, E., & Akerson, V. L. (2022). Novice teachers' pedagogical content knowledge for planning and implementing mathematics and science lessons. *Teaching and Teacher Education, 115*, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103736>
- Amador, J. M., & Weston, T. L. (2024). A review of analytic frameworks for noticing in mathematics and science: Comparing noticing frameworks across disciplines and over time. *International Journal of Science and Mathematics Education, 22*(8), 1739–1760. <https://doi.org/10.1007/s10763-024-10452-8>
- Andersson, J., Löfgren, R., & Tibell, L. A. E. (2019). What's in the body? Children's annotated drawings. *Journal of Biological Education, 54*(2), 176–190. <https://doi.org/10.1080/00219266.2019.1569082>
- Barendsen, E., & Henze, I. (2019). Relating teacher PCK and teacher practice using classroom observation. *Research in Science Education, 49*(5), 1141–1175. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9637-z>
- Bose, K., & Bäckman, K. (2020). Specialised education makes a difference in preschool teachers' knowledge bases in the teaching of mathematics and science: A case of Botswana and Sweden. *South African Journal of Childhood Education, 10*(1), 1–10. <https://doi.org/10.4102/sajce.v10i1.815>
- Campbell, C., Speldewinde, C., Howitt, C. & MacDonald, A. (2018). STEM practice in the early years. *Creative Education, 9*(1), 11–25. <https://doi.org/10.4236/ce.2018.91002>
- Carrillo, J., Climent, N., Montes, M., Contreras, L. C., Flores, E., Escudero, D., Vasco, D., Rojas, N., Flores, P., & Aguilar, Á., et al. (2018). The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. *Research in Mathematics Education, 20*, 236–253. <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981>
- Chan, K. K. H., & Hume, A. (2019). Towards a consensus model: Literature review of how science teachers' pedagogical content knowledge is investigated in empirical studies. En A. Hume, R. Cooper, & A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 3–76). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_1
- Damerau, K., Beudels, M. M., Börtitz, C., Balti, N. E., Funk, L., Westerholt, D., Cohnen, J., & Preisfeld, A. (2022). The effect of teaching with anatomical models in science education on primary school children's understanding of human organs. *International Electronic Journal of Elementary Education, 14*(4), 539–555. <https://doi.org/10.26822/iejee.2022.262>

- Depaepe, F., Verschaffel, L., & Kelchtermans, G. (2013). Pedagogical content knowledge: A systematic review of the way in which the concept has pervaded mathematics educational research. *Teaching and Teacher Education*, *34*, 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.001>
- Gess-Newsome, J. (2015). A model of teacher professional knowledge and skill including PCK: Results of the thinking from the PCK Summit. En A. Berry, P. Friedrichsen, & J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28–42). Routledge.
- González, V., Serna, Y. Q., Correa, D., Vélez, Y., & Montoya, L. (2022). El maestro novel y la enseñanza de las ciencias naturales en contextos rurales. *Praxis y Saber*, *13*(34), e14162. <https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n34.2022.14162>
- Greensfeld, H., & Gross, T. (2020). What do we know about teachers' knowledge? Assessing primary science teachers' content knowledge in the Jewish and Arab sectors. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *16*(10), em1885. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8473>
- Hallman-Thrasher, A., Connor, J., & Sturgill, D. (2019). Strong discipline knowledge cuts both ways for novice mathematics and science teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *17*(2), 253–272. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9871-x>
- Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Sage.
- Luís, M. (2021). *O conhecimento especializado do professor quando ensina tópicos de biologia*. [Tesis Doctoral, Universidad de Huelva]. <http://hdl.handle.net/10272/20211>
- Mahler, D., Großschedl, J., & Harms, U. (2017). Using doubly latent multilevel analysis to elucidate relationships between science teachers' professional knowledge and students' performance. *International Journal of Science Education*, *39*(2), 213–237. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1276641>
- Nixon, R. S., Smith, L. K., & Sudweeks, R. R. (2018). Elementary teachers' science subject matter knowledge across the teacher career cycle. *Journal of Research in Science Teaching*, *56*(6), 707–731. <https://doi.org/10.1002/tea.21524>
- Park, S., & Oliver, J. S. (2008). National Board Certification (NBC) as a catalyst for teachers' learning about teaching: The effects of the NBC Process on Candidate Teachers' PCK development. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(7), 812–834. <https://doi.org/10.1002/tea.20234>
- Piasta, S. B., Pelatti, C. Y., & Miller, H. L. (2014). Mathematics and science learning opportunities in preschool classrooms. *Early Educational Development*, *25*(4), 445–468. <https://doi.org/10.1080/10409289.2013.817753>
- Pitjeng-Mosabala, P., & Rollnick, M. (2018). Exploring the development of novice unqualified graduate teachers' topic-specific PCK in teaching the particulate nature of matter in South Africa's classrooms. *International Journal of Science Education*, *40*(7), 742–770. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1446569>

- Rollnick, M., & Mavhunga, E. (2016). The place of subject matter knowledge in teacher education. En J. Loughran, & M. Hamilton (Eds.), *International handbook of teacher education* (pp. 423–452). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-981-10-0366-0_11
- Seguí, J. F., & Alsina, Á. (2023). Evaluando el conocimiento especializado para enseñar estadística y probabilidad: Elaboración y validación del Cuestionario MTSK-estocástico. *Uniciencia*, 37(1), 1–22.
<https://doi.org/10.15359/ru.37-1.5>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14.
<https://doi.org/10.3102/0013189x015002004>
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods*. Sage Publications.