

Diseño de un instrumento de evaluación del conocimiento didáctico y matemático en profesores de primaria para la enseñanza de la probabilidad

Claudia Vásquez Ortiz, Angel Alsina i Pastells

Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile), Universidad de Girona (España)

cavasque@uc.cl

Educación continua, Formación de profesores.

Resumen

Con el fin de aportar información que permita transformar la práctica docente por medio de la mejora de la formación del profesorado de matemáticas de Educación Primaria (6-12 años), hemos diseñado un instrumento para evaluar el conocimiento didáctico-matemático para enseñar probabilidad. Para su elaboración consideramos el modelo de categorías de análisis del conocimiento didáctico-matemático del profesor, que contempla cuatro categorías de conocimientos fundamentales: a) conocimiento del contenido; b) conocimiento del contenido en relación a los estudiantes; c) conocimiento del contenido en relación a la enseñanza; y d) conocimiento del currículo y conexiones intra e interdisciplinarias. Estas categorías permiten identificar, clasificar, analizar y evaluar tanto los conocimientos que necesitan los profesores para la enseñanza como los que ponen en juego a la hora de enseñar un determinado contenido, en nuestro caso los vinculados a la enseñanza de la probabilidad en Educación Primaria. Estos conocimientos están siendo ampliamente investigados durante los últimos años en futuros

profesores, sin embargo, existen muy pocos datos de profesores en ejercicio sobre todo en países como Chile.

El análisis de los datos va a permitir, en primer lugar, describir las fortalezas y debilidades de las distintas categorías de los conocimientos del profesor involucradas en la enseñanza de la probabilidad; y en segundo lugar, se va a obtener información relevante para orientar la formación inicial y continua del profesorado en relación a los conocimientos necesarios para la enseñanza de la probabilidad.

Introducción

La incorporación de la probabilidad en el currículo escolar viene cobrando fuerza desde que el *National Council of Teachers of Mathematics* incluye a "Datos y Azar" como una de las cinco áreas temáticas en el *Curriculum and Evaluation Standard for School Mathematics* (NCTM, 1989). Desde entonces el estudio de la probabilidad se ha introducido progresivamente en las orientaciones curriculares a nivel mundial para promover en los estudiantes la capacidad de establecer gradualmente conexiones entre las matemáticas y otras áreas del saber, así como con experiencias de la vida diaria (NCTM, 2000; CCSS, 2010; MEC, 2007; MINEDUC, 2012, entre otros). Esta innovación curricular es producto

de las nuevas demandas de la sociedad actual, que han llevado a reformular los conocimientos sobre probabilidad que los ciudadanos de hoy necesitan manejar y por ende aprender en la escuela ya desde los primeros años.

Chile no ha quedado ajeno a esta tendencia, y el Ministerio de Educación incorpora el eje temático de "Datos y Probabilidades" en las Bases Curriculares 2012 como un continuo en la Educación Primaria (6-12 años), que abarca desde la comprensión de ideas de azar y probabilidad presentes en situaciones cotidianas, hasta el cálculo de probabilidades sencillas por medio de la experimentación y aplicación de la regla de Laplace, y así *"responder a la necesidad de que todos los estudiantes se inicien en temas relacionados con las probabilidades"* (Mineduc, 2012, p. 5), y a la vez aminorar los desfases existentes entre el currículo nacional y los internacionales.

Desde esta perspectiva, y en concordancia con Sthol (2005), es fundamental contar con profesores preparados que logren que sus estudiantes alcancen los objetivos establecidos en los nuevos referentes curriculares, sobre todo si consideramos que existe una fuerte correlación entre el saber del profesor y los resultados de sus estudiantes (Leinhardt y Smith, 1985; Ball y McDiarmid, 1990; Monk, 1994; Mullens, Murnane y Willett, 1996; Darling-Hammond y Young, 2002; Chambliss, Graeber y Clarke, 2003; Frome, Lasater y Cooney, 2005). Sin embargo, en países como Chile las cifras internacionales en relación al profesorado de Educación Primaria revelan severas falencias en la calidad educativa en general y de manera particular en matemáticas (OCDE, 2010; TEDS-M, 2010; INICIA 2012), lo que pone en evidencia que la gran mayoría de profesores no han contado en su formación inicial con asignaturas

que les preparen, tanto a nivel disciplinar como didáctico, para una enseñanza eficaz. En este contexto surge la necesidad de centrar el foco de atención en la formación del profesorado de Educación Primaria, y sobre todo en la formación continua del profesorado, específicamente en el desarrollo y fortalecimiento del conocimiento didáctico y matemático, pues un profesor no puede enseñar lo que no sabe. Este tipo de conocimiento viene siendo estudiado desde hace mucho tiempo y cobra relevancia con la propuesta de Schulman (1986) quien distingue entre tres tipos de conocimientos para la enseñanza: a) conocimiento de los contenidos; b) conocimiento pedagógico; y c) conocimiento pedagógico de los contenidos o conocimiento didáctico de los contenidos, como los tipos de conocimientos pedagógicos y didácticos necesarios para lograr una enseñanza eficaz. Desde entonces diversos autores han orientado sus investigaciones a describir el conocimiento matemático para la enseñanza, destacando el trabajo de Ball, Lubienski y Mewborn (2001), quienes basándose en las ideas de Schulman proponen el modelo "Mathematical knowledge for Teaching" (MKT), que definen como "el conocimiento matemático que utiliza el profesor en el aula para producir instrucción y crecimiento en el alumno" (Hill, Ball y Schilling, 2008).

Es importante destacar que, si bien los modelos de conocimiento matemático para la enseñanza han ganado su espacio en la investigación y formación de profesores, todavía son muy generales y no permiten un análisis minucioso de los distintos tipos de conocimientos que deberían poseer los profesores para lograr una enseñanza efectiva de las matemáticas, y más aún en el caso de la probabilidad. Es bajo esta perspectiva que Godino (2009) realiza un análisis de los principales modelos de

conocimiento para la enseñanza (Schulman, 1986) y de conocimiento matemático para la enseñanza (Schoenfeld y Kilpatrick, 2008; Hill, Ball y Schilling, 2008), y propone un modelo teórico sobre el conocimiento didáctico-matemático del profesor que integra algunas de las categorías de los modelos anteriores que se complementan y desarrollan con elementos del Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemática (Godino, 2002; Godino, Batanero y Font, 2007), aportando nuevos niveles y herramientas de análisis.

Es desde esta perspectiva que se desarrolla el estudio, que pretende analizar en profundidad el conocimiento didáctico-matemático del profesorado de Educación Primaria en relación a la enseñanza de la probabilidad, para determinar sus fortalezas y debilidades y entregarles una formación específica que permita, finalmente, mejorar la enseñanza de este tema en las escuelas.

El conocimiento didáctico-matemático del profesorado para la enseñanza de la probabilidad

Godino, Batanero, Roa y Wilhelmi (2008) elaboran un modelo integrador para el conocimiento didáctico y matemático del profesor de matemáticas que ofrece un conglomerado de herramientas para analizar, evaluar y desarrollar de manera sistemática, a partir de un sistema de categorización, los conocimientos didácticos y matemáticos del profesor. Se usan categorías de análisis explícitas para las dimensiones epistémica y cognitiva desde una perspectiva pragmática-antropológica de la matemática, en la que el objeto matemático es entendido como una entidad emergente e interviniente

en las prácticas. De esta manera, dicho modelo se vale de las categorías de objetos y procesos del Enfoque Ontosemiótico para llevar a cabo el análisis tanto de la actividad matemática como de los conocimientos presentes en una enseñanza idónea de las matemáticas. Asimismo, a partir de dicho modelo se plantea un desglose del conocimiento didáctico y matemático del profesor que se encuentra constituido por las siguientes categorías de conocimientos fundamentales: a) Conocimiento del contenido común, especializado y ampliado; b) Conocimiento del contenido en relación a los estudiantes; c) Conocimiento del contenido en relación a la enseñanza; y d) Conocimiento del currículo y conexiones intra e interdisciplinarias. Por medio de estas cuatro categorías de análisis y la "guía para el enunciado de consignas" (Godino, 2009), es posible abordar por medio de la resolución de tareas, algunos de los aspectos relacionados con el proceso de enseñanza y aprendizaje que llevarían a conocer las competencias profesionales de los profesores de matemáticas.

Desde esta perspectiva, en este trabajo presentamos un cuestionario para evaluar el conocimiento didáctico y matemático del profesor para enseñar probabilidad en Educación Primaria, puesto que no existen instrumentos validados que contemplen los contenidos de probabilidad que el profesor debe enseñar de 1º a 6º año de Educación Primaria conforme a las actuales bases curriculares y los programas de estudio vigentes en Chile (Mineduc, 2012).

Metodología

El cuestionario se ha diseñado conforme al modelo teórico sobre el conocimiento didáctico-

matemático del profesor de Godino (2009), por lo que considera las cuatro categorías de conocimientos fundamentales necesarios para que un profesor lleve a cabo el proceso de enseñanza y aprendizaje. El instrumento está formado por diez situaciones problemas y preguntas de respuesta abierta, que además de basarse en referentes curriculares de interés, se fundamentan en la experiencia personal directa y en la literatura relacionada, como es el caso de algunos ítems que fueron extraídos de la investigación de Cañizares (1997), quien a su vez los tomó de Green (1983) y Fischbein y Gazit (1984). Las situaciones problemas y preguntas del cuestionario consideran también algunas de las respuestas típicas por parte de los alumnos que participaron en dicha investigación. Estos ítems y respuestas nos han servido de insumo para plantear las situaciones problemas de nuestro estudio.

Para la elaboración del instrumento se ha optado por la metodología propuesta por (Godino, 2009), que incluye dos fases: en primer lugar se elige una tarea matemática que lleve a los profesores a poner en juego, por medio de la solución de la tarea o situación, los aspectos más relevantes en relación al tema probabilidad que se pretende evaluar o de las competencias que desean desarrollar; y en segundo lugar, se formulan los ítems de evaluación o propuestas de actividades que contemplen las distintas facetas y niveles del conocimiento del profesor que se desean evaluar y analizar. Un punto importante de destacar con respecto a la confección de ítems es que se ha tratado de confeccionar preguntas cuyas respuestas no fueran obvias, es decir, que no pudieran ser respondidas solamente desde el conocimiento matemático por personas que no tengan la experiencia de enseñar en educación primaria. Así, por medio de las respuestas dadas a tales situaciones, se busca indagar

en el conocimiento didáctico y matemático del profesor vinculado a la probabilidad y su enseñanza. Una vez diseñado el instrumento se ha sometido a un proceso de validación que ha contemplado dos aspectos:

la validez del contenido se ha garantizado primero a partir de la selección de contenidos relacionados con el estudio de la probabilidad en Educación Primaria de los distintos referentes curriculares involucrados (Mineduc, 2012 y NCTM, 2000). Posteriormente, para contrastar la validez de los ítems, es decir, si éstos realmente miden lo que se pretende medir, el instrumento se ha sometido a la evaluación del juicio de expertos en el tema de evaluación del conocimiento para enseñar matemática. En este proceso de validación han participado 10 expertos de Chile y España, que han emitido su juicio con respecto a las preguntas por medio de la evaluación del grado de adecuación que tiene cada uno de los ítems con la dimensión propuesta (conocimiento del contenido, conocimiento del contenido en relación a los estudiantes, conocimiento del contenido en relación a la enseñanza y conocimiento del currículo y conexiones intra e interdisciplinarias). En concreto, estos expertos han analizado tres aspectos en relación a cada uno de las diez situaciones problemas que conforman el cuestionario: a) el grado de correspondencia (si cada ítem en particular pertenece o no a la dimensión); b) la formulación (opinión respecto a la claridad y al lenguaje utilizado en cada ítem); y c) la pertinencia (el grado de pertinencia del ítem respecto a la dimensión).

Resultados

Una vez finalizado el proceso de validación del cuestionario se ha procedido a la redacción definitiva de las diez situaciones problemas

en base a las opiniones de los expertos. A continuación, se presenta, a modo de ejemplo

(Figura 1), uno de los ítems que conforma el cuestionario.

El profesor Ramírez plantea el siguiente problema a sus alumnos:

En una caja hay 4 bolas rojas, 3 verdes y 2 blancas. ¿cuántas bolas debe uno sacar para estar seguro de que se obtendrá una bola de cada color?

Obteniendo las siguientes respuesta por parte de algunos de sus alumnos:

Carla: tres, porque hay tres tipos de colores

Karina: para estar segurísimo habrá que sacar seis bolas, porque si hay nueve en total, y hay de tres variedades, sacar bolas de cada variedad hasta que quede una de cada variedad.

Raúl: si se sacaran primero las bolas rojas y verdes, serian siete, pero como son una de cada color, pues ocho.

Antonio: tendrá que cogerlas todas y ahí estará lo más seguro posible.

Responda:

- a) Comente la respuestas dadas por estos alumnos y justifique su veracidad o falsedad.
- b) ¿Cuál respuesta debería aceptar el profesor como correcta? ¿Por qué?
- c) ¿Qué conceptos o propiedades deben usar los alumnos para dar solución a este problema?
- d) ¿Qué estrategias utilizaría para ayudar a aquellos alumnos que han dando una respuesta errónea se den cuenta de su error y lo superen?

Figura 1: Ejemplo ítem del cuestionario para evaluar el conocimiento didáctico y matemático para enseñar probabilidad en educación primaria

Por medio de este ítem se trata de identificar, por

un lado, el conocimiento matemático necesario para la resolución del problema planteado, que en este caso, corresponde a la comprensión del concepto de suceso seguro, además de nociones básicas de combinatoria que permiten enumerar

las distintas posibilidades de extracción. Es importante señalar que este problema y las respuestas de alumnos que se incluyen han sido tomado de la investigación de Cañizares (1997), quien a su vez lo tomó de Fischbein y Gazit (1984).

Asimismo, con este ítem se pretende identificar el conocimiento didáctico y matemático necesario para la resolución de la situación problema, el cual corresponde específicamente al conocimiento del contenido en relación a los estudiantes, conocimiento del contenido (común, especializado y ampliado) y conocimiento del contenido en relación a la enseñanza.

Consideraciones finales

La aplicación del cuestionario a un grupo de 93 profesores de Educación Primaria en ejercicio, como se ha indicado, va a permitir realizar un análisis en profundidad de su conocimiento matemático y didáctico sobre probabilidad, e identificar sus debilidades y necesidades formativas. A partir de los datos obtenidos se contará con evidencia suficiente para establecer directrices sobre las necesidades de formación de los profesores de Educación Primaria. Tales directrices se verán reflejadas en el diseño de un curso de formación continua a través del modelo realista (Melief, Tigchelaar y Korhaegen, en colaboración con van Rijswijk, 2010), al tratarse de una metodología de enseñanza centrada en la realidad que permite dar sentido a la relación dialéctica entre la teoría y la práctica, y que se ha revelado como un método eficaz para la transformación de las creencias sobre la práctica docente y, en definitiva, para la innovación metodológica de los futuros maestros y de los profesores de matemáticas en ejercicio (Alsina, 2007, 2010).

Referencias

- Alsina, A. (2007). *El aprendizaje reflexivo en la formación permanente del profesorado: un análisis desde la didáctica de la matemática*. *Educación Matemática*, 19(1), 99-126.
- Alsina, A. (2010). *El aprendizaje reflexivo en la formación inicial del profesorado: un modelo para aprender a enseñar matemáticas*. *Educación Matemática*, 22(1), 149-166.
- Ball, D. L. y McDiarmid, G. W. (1990). *The subject matter preparation of teachers*. In W.R. Houston, M. Haberman, y J. Sikula (Eds.). *Handbook of Research on Teacher Education*, (pp. 437-439). New York: Macmillan.
- Cañizares, M. J. (1997). *Influencia del razonamiento proporcional y de las creencias subjetivas en las intuiciones probabilísticas primarias*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Chambliss, M., Graeber, A.O. y Clark, K. (2003). *Does Subject Matter Matter? Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago*.
- Common Core State Standards Initiative (2010). *Common Core State Standards for Mathematics*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2011, de http://www.corestandards.org/assets/CCSSI_Math%20Standards.pdf
- Darling-Hammond, L. y Young, P (2002). *Defining "highly qualified teachers": What does scientifically-based research tells us?* *Educational Researcher*, 31(9), 13-25.
- Fischbein, E., Gazit, A. (1984). *Does the teaching of probability improve probabilistic intuitions?* *Educational Studies in Mathematics*. 15, 1-24.
- Frome, P., Lasater, B., y Cooney, S. (2005). *Well-qualified teachers and high quality teaching: Are they the same?* Atlanta, GA: Southern Regional Educational Board.
- Godino, J. D. (2009). *Categorías de análisis de los conocimientos del profesor de matemáticas*. UNION, *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 20, 13-31.
- Godino, J. D., Batanero, C., Roa, R. y Wilhelmi, M. R. (2008). *Assessing and developing pedagogical content and statistical knowledge of primary school teachers through Project work*. In C. Batanero, G. Burrill, C. Reading & A. Rossman (Eds.). *Joint ICMI/IASE Stud: Teaching Statistics in School Mathematics. Challenges for Teaching and Teacher Education*.

- Proceedings of the ICMI Study 18 and 2008 IASE Round Table Conference.* Monterrey: ICMI and IASE.
- Godino, J. D., Batanero, C. y Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *ZDM. The International Journal on Mathematics Education*, 39 (1-2), 127-135.
- Godino, J. D. (2002). Un enfoque ontológico y semiótico de la cognición matemática. *Recherches en Didactique des Mathématiques* 22, (2/3), 237-284.
- Green, D. (1983). A survey of probability concepts in 3000 pupils aged 11-16 years. In *Proceedings of the First International Conference on Teaching Statistics*, 2, Teaching Statistics Trust. (pp. 766-783).
- Hill, H. C., Ball, D.L. y Schilling, S.G. (2008). Unpacking pedagogical content knowledge: Conceptualizing and measuring teachers' topic-specific knowledge of students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39, 372-400.
- Leinhardt, G., y Smith, D. A. (1985). Expertise in mathematics instruction: Subject matter knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 77(3), 247-271.
- Melief, K., Tigchelaar, A., Korthagen, F. en colaboración con van Rijswijk, M. (2010). Aprender de la práctica. En O. Esteve, K. Melief y A. Alsina (Eds.), *Creando mi profesión. Una propuesta para el desarrollo profesional del profesorado* (pp. 19-38). Barcelona: Editorial Octaedro.
- Ministerio de Educación (2012). *Bases Curriculares 2012: Educación Básica Matemática*. Santiago de Chile: Unidad de Curriculum y Evaluación.
- Ministerio de Educación y Ciencia (2007). *Boletín oficial del Estado. ORDEN ECI/2211/2007, del 20 de julio, por la que se establece el currículo y regula la ordenación de la Educación Primaria*. Madrid, España.
- Monk, D. H. (1994). Subject area preparation of secondary mathematics and science teachers and students achievements. *Economics of Education Review*, 13(2), 125-145.
- Mullens, J. E., Murnane, R. J., y Willett, J. B. (1996). The contribution of training and subject matter knowledge to teaching effectiveness: a multilevel analysis of longitudinal evidence from Belize. *Comparative Education Review*, 40, 139-57.
- National Council of Teachers of Mathematics (2003). *Principios y estándares para la educación matemática*. Sevilla. SAEM Thales.
- OECD (2010). *Síntesis Estudio Económico de Chile, 2010*. Recuperado desde <http://www.oecd.org/dataoecd/7/38/44493040.pdf>
- Schoenfeld, A. H. y Kilpatrick, J. (2008). Towards a theory of proficiency in teaching mathematics. En D. Tirosh & T. Wood (eds.), *Tools and Processes in Mathematics Teacher Education* (321-354). Rotterdam: Sense Publishers.
- Schulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15 (2), 4-14.
- Stohl, H. (2005). Probability in teacher education and development. In G. A. Jones (Ed.), *Exploring probability in school: Challenges for teaching and learning* (pp. 297-324). New York: Springer.