

Características de la investigación sobre desarrollo profesional en educación matemática y su aproximación a los aprendizajes de los estudiantes

Characteristics of research on professional development in mathematics education and its approach to student learning

Armando Peri,¹ Florencia Gómez Zaccarelli²

Resumen: Este estudio reporta una revisión sistemática de la literatura sobre programas de Desarrollo Profesional Docente (DPD) en Educación Matemática, enfocada en la aproximación que toman hacia los aprendizajes de los estudiantes. Para ello, se revisaron 35 artículos publicados entre 2008 y 2020 indexados en las bases de datos de WoS y Scopus. Los artículos fueron organizados según el tipo y forma de DPD analizado y, se identificó, en lo específico, su diseño, objetivos e instrumentos de investigación. Como principal resultado, 29 de los 35 artículos revisados declaran alguna mejoría en los aprendizajes de los estudiantes luego de que los docentes participaran de un programa de DPD en matemática. Destaca que solo en menos de la mitad de ellos los aprendizajes de los estudiantes eran declarados objetivo de estudio.

Palabras clave: *Aprendizaje académico de estudiantes, Desarrollo profesional docente, Educación Matemática, Educación de profesores, Profesores de matemática.*

Fecha de recepción: 6 de junio de 2022. **Fecha de aceptación:** 15 de enero de 2024.

¹ Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, ajperi@uc.cl, <https://orcid.org/0000-0001-8066-6977>.

² Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, fgomez@uc.cl, <https://orcid.org/0000-0003-0916-0062>.

Abstract: This study presents a systematic literature review on Teacher Professional Development (TPD) programs in Mathematics Education, focused on their approach towards student learning. For this purpose, 35 articles published between 2008 and 2020 and indexed in WoS and Scopus databases were reviewed. The articles were organized according to the type and form of TPD analyzed, and their specific design, objectives, and research instruments were identified. As the main result, 29 out of the 35 reviewed articles reported some improvement in student learning after teachers participated in a TPD program in mathematics. It is noteworthy that less than half of these studies declared student learning achievements as the main objective of their research.

Keywords: *Student academic achievement, Professional development, Mathematics teachers, Mathematics education, Teacher education.*

INTRODUCCIÓN

Los docentes son los actores centrales en las reformas educativas escolares que los gobiernos buscan implementar y, en definitiva, son quienes deben implementarlas (Porter *et al.*, 2003; Zhao, 2010). Por ello, es esperable que las reformas curriculares incluyan en su diseño e implementación programas de Desarrollo Profesional Docente (DPD) como respuesta a la necesidad de formación en torno a nuevas políticas, para que los profesores puedan empoderarse y ejecutarlas exitosamente.

Entendiendo los DPD como instancias de aprendizaje profesional en las que se reúne un grupo de docentes en torno a una propuesta de desarrollo estructurada con el fin de ofrecer una oportunidad de mejora en un ámbito de su quehacer (Delli, 2020); existe evidencia de su aporte a la implementación de reformas en educación matemática y ciencias (Zhao, 2010). El concepto de DPD es amplio y soporta diferentes perspectivas, formas de trabajo, interacción entre participantes, influencias desde las políticas educativas y de las necesidades propias de los docentes. Por esto, cualquier definición necesita ser sensible a la complejidad que estos programas involucran (Avalos, 2011). Este estudio entiende el DPD desde una perspectiva amplia que incluye a todos los programas que son dictados por un facilitador externo a los docentes y que considere las características de efectividad de Desimone (2009) que se describen más adelante.

Con el fin de comprender el rol del DPD en la formación continua de profesores, emerge un campo de estudio enfocado en estos programas (Borko, 2004). Este campo de estudio generó un interés creciente de la comunidad científica, impulsando la identificación y definición de un cuerpo sólido de características que comparten los programas efectivos que logran aumentar los conocimientos y mejorar las habilidades de los docentes, principalmente focalizados en educación matemática (Borko, 2004; Desimone, 2009; Garet *et al.*, 2001; Hill *et al.*, 2013; Sztajn, 2011).

En Estados Unidos, la puesta en marcha de los Common Core Standards (Porter *et al.*, 2011), que definieron ejes curriculares adoptados por la mayoría de los estados de ese país, es un ejemplo de cómo se vinculan los cambios y reformas con los programas de DPD (Borko, 2004; Desimone *et al.*, 2002; Desimone y Garet, 2015). Debido a que estos estándares apuntaban a cambiar la forma como se trabajaban los contenidos de matemática en las aulas (Jacob *et al.*, 2017), se hizo necesario implementar programas de DPD para mejorar el conocimiento pedagógico del contenido y las nuevas habilidades que los estudiantes necesitarían desarrollar, con el fin de actualizar en estos ámbitos a los docentes en ejercicio (Ball *et al.*, 2008).

El proceso de sistematización de la investigación en educación matemática comenzó con algunos trabajos pioneros en la búsqueda de características de programas de DPD efectivos. Un ejemplo de estos estudios fue el desarrollado por Garet *et al.* (2001), cuyos resultados muestran cuáles podrían ser las características esperables en un curso con efectos significativos en el incremento de conocimientos, habilidades y cambio de prácticas en docentes. Las características halladas son: a) foco en conocimiento del contenido, b) oportunidades de aprendizaje activo, y c) coherencia con otras actividades de aprendizaje. Dicho estudio, tiene directa relación con las características que afectan significativamente el aprendizaje de los docentes dentro de los cursos y/o talleres: el diseño instruccional utilizado, la participación colectiva de docentes con características compartidas (por ejemplo, centro educativo, disciplina, aulas, etc.) y la duración de la actividad (Garet *et al.*, 2001).

A partir de los resultados del estudio de (Garet *et al.*, 2001) existió más desarrollo sobre cuáles podrían ser las características clave de los programas de DPD en educación matemática, influyendo en el desarrollo de marcos teóricos para identificar características que aporten a su efectividad. En esta línea, el estudio de Laura Desimone (2009) compendia y sistematiza gran parte del conocimiento emergido desde resultados empíricos hasta ese entonces. Desimone (2009)

concluye en su revisión de literatura que las cinco características de los programas de desarrollo profesional en educación matemática efectivos son: 1) foco en el contenido, 2) aprendizaje activo, 3) coherencia con el contexto y realidad de los docentes, 4) duración y 5) participación colectiva.

Complementariamente, el estudio altamente citado de Borko (2004), se enfoca en los hallazgos y preguntas investigadas en los estudios sobre DPD hasta ese entonces. Su estudio presenta una categorización y análisis de la investigación sobre DPD en el cual se plantea que los programas, los facilitadores (o formadores) y los profesores interactúan entre ellos en un modelo interactivo. Borko identifica tres fases de análisis de los objetivos de investigación en DPD, describiendo estudios según su alcance y quien implementa los programas estudiados. Estas fases son retomadas en el trabajo de Sztajn *et al.* (2017), quienes realizaron una revisión sistemática de literatura sobre DPD en educación matemática a partir de las categorías de clasificación de las investigaciones propuestas por Borko (2004), con la cual actualizó y consolidó los hallazgos en un campo que viene mostrando avances sostenidos y congruentes a lo largo del tiempo. También es importante mencionar que la literatura revisada por Sztajn *et al.* (2017) examinó las características de programas de DPD efectivos (Desimone, 2009).

Así, el trabajo de Sztajn *et al.* (2017) buscó validar y actualizar lo que se venía haciendo en materia de DPD (sobre todo en Estados Unidos), mientras que otros autores como Lindvall (2017) problematizaron la universalización de las características propuestas por Desimone (2009), argumentando que estas no son replicables en contextos fuera de Estados Unidos. En lo específico, la primera de las críticas realizada por Lindvall (2017) es que la mayoría de los trabajos analizados para establecer características de efectividad de programas de DPD provienen de Estados Unidos, lo que los haría contingentes a ese contexto y no a otros. La segunda crítica refiere a que dichas características no están del todo bien definidas. Por ejemplo, “foco en el contenido” es considerado el factor más influyente de un programa de DPD efectivo para profesores de matemática, pero no se establece si esto es igual de válido para todos los contenidos, ni el nivel de calidad con que se trabaja en torno a dichos contenidos.

Más aún, una de las mayores críticas de Lindvall (2017) es que no existe suficiente evidencia empírica para ligar las características de un programa de DPD efectivo al mejoramiento de los aprendizajes de los estudiantes, ni tampoco existen lineamientos claros sobre cómo debe ser abordada esta dinámica desde la investigación. En este sentido, muchas de las revisiones bibliográficas que definen buenas prácticas y características mínimas que debe poseer un

programa de DPD para considerarse efectivo, muestran un escaso sustento empírico en los aprendizajes de los estudiantes (Desimone, 2009; Kennedy, 2016; Sowder, 2007), generando inquietudes sobre si los programas de DPD que son efectivos para profesores lo son también para sus estudiantes, en cuanto a sus aprendizajes. Se trata de un espacio de indagación necesaria que el presente estudio se propone profundizar.

Al atender la crítica de Lindvall sobre la falta de evidencia empírica, también consideramos pertinente incorporar la visión de Paiss y Valero (2012) que refiere a cómo la investigación se aproxima a un fenómeno de estudio particular, y en esa aproximación va definiendo formas y métodos que dan sentido a “lo político” del campo de estudio y que sentarán las bases y precedentes para futuras investigaciones que se quieran nutrir de sus formas, métodos e incluso resultados. También, mencionan que el estudiar estas aproximaciones de la investigación puede nutrir el campo de la educación al ofrecer un segundo nivel de reflexividad. Por ejemplo, en este trabajo, además de estudiar la relación entre programas de DPD y los logros de los estudiantes, podemos indagar en la importancia que los estudios le dan a esta relación, los instrumentos que se utilizan, dónde se genera dicho conocimiento, etc.

Con todos estos antecedentes, asumimos que uno de los objetivos principales de los programas de DPD es aportar en los procesos de aprendizaje de las y los estudiantes mediante la preparación de sus docentes, y por lo tanto impactar en los aprendizajes de los estudiantes (Antonioniou y Kyriakides, 2013; Koellner y Jacobs, 2015; Polly *et al.*, 2015; Prast *et al.*, 2018; Tabach y Schwarz, 2018). Sin embargo, las mejoras en los logros de los estudiantes solo ocurrirán si los programas son efectivos en apoyar el desarrollo de los docentes participantes, ya sea en sus habilidades (Goldschmidt y Phelps, 2010; Jacob *et al.*, 2017), sus prácticas dentro del aula (Buczynski y Hansen, 2010; Garet *et al.*, 2011) o sus creencias sobre la enseñanza y el aprendizaje de la matemática (Cerdeña *et al.*, 2017). A partir de estos programas y dado que identificamos uno de los objetivos principales que deberían considerar, nos damos a la tarea de profundizar en un segundo nivel de reflexividad (Paiss y Valero, 2012) para caracterizar qué importancia le dan los investigadores a este objetivo, cómo se realiza la tarea de abarcar este objetivo y qué resultados se obtienen a partir de sus decisiones metodológicas.

En síntesis, en la actualidad existe consenso en que los programas de DPD en educación matemática deben contar con las cinco características mencionadas por Desimone (2009) para ser considerados efectivos. Siguiendo la lógica de Desimone,

en caso de ser efectivos, deberían incrementar los conocimientos y habilidades de los docentes. Ello a su vez debería generar e impulsar una mejora en las prácticas de enseñanza y cambios positivos en las creencias de los docentes de matemática, y con ello deberían potenciarse los aprendizajes de los estudiantes (Desimone, 2009; Lindvall *et al.*, 2018). Se trata de una teoría de la acción que subraya que el fin último de los programas de DPD en educación matemática es impactar en el mejoramiento de los aprendizajes de los estudiantes (Avalos, 2011; Borko, 2004; Jacob *et al.*, 2017). Para este fin último, indagamos en un segundo nivel de reflexividad en torno a los procesos de investigación (Paiss y Valero, 2012) a partir de la literatura sobre DPD publicada. Exploramos las decisiones metodológicas de los y las investigadoras, así como los resultados que obtienen y la relevancia que le dan a los aprendizajes de los estudiantes con respecto a la efectividad de los programas de DPD en educación matemática.

De este modo, esta revisión sistemática de literatura sobre investigación en programas de DPD en educación matemática, busca responder a las siguientes interrogantes:

- 1) ¿Qué relevancia le dan los estudios que evalúan programas de DPD en educación matemática a los aprendizajes de los estudiantes?
- 2) ¿Qué diseños metodológicos e instrumentos utilizan para medir aprendizajes de los estudiantes?

METODOLOGÍA

Para abordar la pregunta de investigación, desarrollamos una revisión sistemática de la literatura con criterios específicos (Boote y Beile, 2016) que busca ser exhaustiva y crítica (Sadler *et al.*, 2010) con respecto a la investigación publicada sobre programas de DPD efectivos (Desimone, 2009) en educación matemática y su aproximación a los aprendizajes de los estudiantes.

Como primer paso de esta revisión, de acuerdo con lo planteado por Boote y Beile (2016), tomamos una perspectiva exploratoria para lo cual identificamos palabras claves generales que referencian el campo y tema en estudio, que aparecen en artículos altamente citados del área. Usamos como base palabras como: "professional developmen" y "mathematics" (Sowder, 2007; Sztajn, 2011), cabe mencionar que esta última palabra incluye a "mathematics education" por el método de búsqueda del algoritmo. Además, definimos como tiempo de búsqueda los años

2008 a 2020, en las bases de datos de corriente principal *Web of Sciences* (WoS) y *Scopus*. Estas bases de datos fueron escogidas debido a su calidad, trayectoria y cantidad de revistas indexadas. Luego, refinamos la búsqueda con los criterios mostrados en la tabla 1, en que agregamos la palabra clave “students effects” debido a que este estudio busca la relación entre programas de DPD efectivos y aprendizajes de los estudiantes. Además, excluimos las palabras “STEM”, “science” y “higher educ*” debido a que buscábamos programas exclusivamente centrados en matemática y para profesores de educación primaria y secundaria.

Tal como se observa en el gráfico 1, luego de la primera búsqueda encontramos un total de 285 artículos entre ambas bases de datos. Los artículos identificados fueron revisados en dos oportunidades con el fin de filtrar los que servirán para responder la pregunta de investigación. La primera de ellas fue por inspección de títulos para revisar su correspondencia con la temática, removiendo los artículos repetidos en los hallazgos entre ambas bases de datos. Luego, se realizó una segunda revisión más exhaustiva, en la que se analizaron en detalle los resúmenes de todos los artículos. Los principales criterios utilizados para la inclusión de los artículos en ambas revisiones fueron: a) que estudiaran programas DPD de educación matemática; b) que fueran estudios empíricos; c) que incluyeran a profesores en ejercicio entre kindergarten y último año de educación escolar (17-18 años) como participantes; y d) que correspondiesen a estudios que hayan recolectado datos sobre aprendizajes de los estudiantes. Este proceso dio como resultado final 41 trabajos.

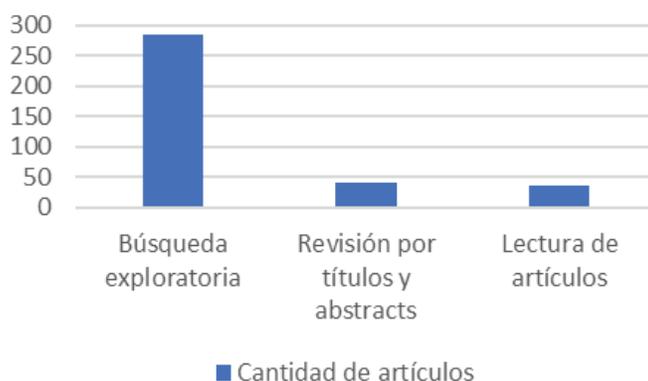


Gráfico 1. Tabla resumen identificación de artículos.

Al leer en profundidad estos 41 artículos, la muestra volvió a reducirse debido a que algunos artículos no cumplían con estudiar un DPD específico, contar con datos de estudiantes o incluían relación con STEM, por lo cual eliminamos 6 estudios (Akiba y Goudong, 2016; Barasa, 2020; Cerda *et al.*, 2017; Harris *et al.*, 2011; Hill y Chin, 2018; Roschelle *et al.*, 2010). De este modo, incluimos un total de 35 artículos para estudiar en profundidad.

Tabla 1. Criterios de búsqueda en WoS y Scopus

<i>Web of Sciences</i>	
Criterios	Datos
Palabras clave incluidas	1. <i>Professional development</i> ; 2. <i>Mathema*</i> ; 3. <i>Student* effect*</i>
Palabras clave excluidas	1. STEM; 2. <i>Science*</i> ; 3. <i>Higher educ*</i>
Áreas de investigación	1. <i>Education educational research</i> ; 2. <i>Psychology</i> ; 3. <i>Social sciences other topics</i>
Tipo de documentos	1. Artículos
Idiomas	1. español; 2. inglés
Índices	1. SCI-Expanded; 2. SSCI
Periodo de tiempo	2008-2020
Resultados encontrados	111
<i>Scopus</i>	
Palabras clave incluidas	1. <i>Professional development</i> ; 2. <i>Mathema*</i> ; 3. <i>Student* effect*</i>
Palabras clave excluidas	1. STEM; 2. <i>Science*</i> ; 3. <i>Higher educ*</i>
Áreas de investigación	1. <i>Social sciences</i> ; 2. <i>Psychology</i> ; 3. <i>Mathematics</i>
Tipo de documentos	1. Artículos
Idiomas	1. español; 2. inglés
Periodo de tiempo	2008-2020
Resultados encontrados	174

ANÁLISIS DE DATOS

Los 35 artículos que son parte de esta revisión de literatura, han sido leídos minuciosamente con el fin de identificar información relevante respecto de su diseño metodológico y describir los programas de DPD que eran objeto de la investigación reportada. De este modo, para cada artículo identificamos: a) idioma en que está escrito; b) país donde fueron levantados los datos; c) características de efectividad del DPD (Desimone, 2009); d) objetivo de la investigación; e) metodología del estudio; f) instrumentos/datos utilizados; g) muestra; h) datos de los estudiantes analizados; y i) resultados obtenidos en los logros de los estudiantes. Adicionalmente, proponemos una categorización de cada investigación según lo que busca desarrollar el DPD en los docentes, que llamamos “Foco” y otra categorización que abarca la forma de trabajo incorporada en el diseño de la actividad, llamada “Forma”. Esta última nace a raíz de lo planteado por Ávalos (2007) donde se establece que existe una tensión entre lo que se entiende por “capacitación” y “desarrollo profesional”. En los resultados explicamos “Foco” y “Forma” en profundidad.

RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ESTUDIOS

La identificación y análisis de 35 reportes de investigación sobre programas de DPD en matemática incluyó artículos publicados entre 2008 y 2020, de los cuales solo 8 datan entre 2008 y 2014, mientras que entre 2015 y 2020 su cantidad aumentó en gran medida, sumando 27 estudios. Los países de donde provienen los estudios empíricos son 17 e incluyen los 5 continentes. La mayoría de los estudios proviene de Estados Unidos, país del que se identificaron 13 trabajos (ver gráfico 2), seguidos por Suecia y China con 3 trabajos cada uno.

Con respecto a cómo se aborda la investigación, tal como plantea Borko (2004), se identifican dos tipos de investigaciones sobre programas DPD: a) investigaciones realizadas por el mismo equipo de profesionales que implementa un programa de DPD (Andersson y Palm, 2017); e b) investigaciones realizadas por un equipo externo al que implementa el DPD (Akiba y Goudong, 2016).

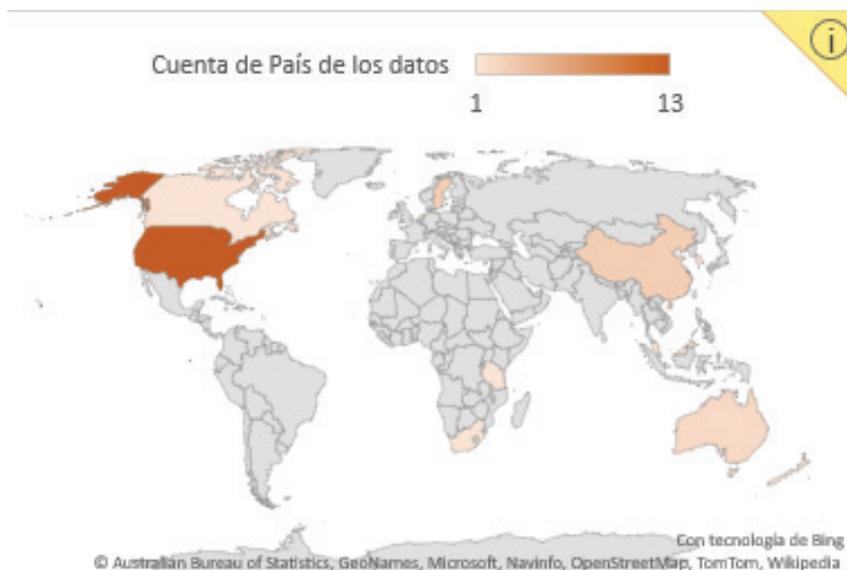


Gráfico 2. Distribución de los estudios por países

A partir de los métodos declarados en los propios textos, notamos que predominan los estudios de enfoque cuantitativo con 24 artículos (ver tabla 2), seguidos por 8 trabajos de enfoque cualitativo (ver tabla 3), y por último 3 estudios con métodos mixtos (ver tabla 4). Entre los artículos que utilizan metodología cuantitativa, 22 utilizan medidas longitudinales pre-post taller. De ellos, 16 utilizan diseños cuasiexperimentales, mientras que 8 usan diseños no experimentales (ver tabla 2). Con esto se podría pensar que, para quienes realizan investigación con este tipo de metodología, resulta importante evaluar el cambio de los aprendizajes de los estudiantes a partir de un momento específico, el cual en la mayoría de las oportunidades es al comienzo de los programas en los que participan los docentes, para luego comparar los resultados una vez finalizados los mismos.

Los estudios que utilizan metodología cualitativa mayormente presentan características de diseños etnográficos, buscando representar la realidad en la que está inmerso el docente, además de interpretar cómo el programa de DPD provocaría un cambio en las prácticas de aula y cómo esto afectaría los

resultados de los estudiantes. Los estudios con este enfoque, en general, incluyen visitas a aulas o análisis sobre lo que ocurre dentro del aula (ver tabla 3).

Por último, identificamos una tendencia clara hacia un tipo de diseño en común entre los tres artículos que utilizan métodos mixtos de investigación ya que, como es posible apreciar en la tabla 4, los estudios abarcan una cantidad totalmente opuesta de profesores y de estudiantes, a la vez que solo coinciden en un instrumento. Esto se podría deber a que la cantidad de trabajos es muy pequeña y no nos permite establecer aspectos recurrentes para la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes ni el cambio de prácticas docentes.

Tabla 2. Características e instrumentos de los artículos con métodos cuantitativos

Autores	Forma	Foco	Pre y post	GC y GE3	Datos prof. y est4	N°. Estudiantes	N°. Profesores	Prueba estandarizada	Prueba propia	Datos sociodem.5	Calificaciones	Encuesta	Entrevistas	Observación clases	Otros	Cambio en los logros de los estudiantes
Andersson C, Palm T.	Expo.6	Hab.7	1	1	1	738	45	0	1	0	0	0	0	0	0	1
Antoniou P, Kyriakides L	Expo.	Hab.	0	1	1	2356	130	0	1	1	1	0	0	0	0	1
Bicer A, Capraro RM.	Expo.	Con.8	1	0	0	563	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
Callingham, R; Carmichael, C; Watson, JM	Expo.	Con.	1	0	1	1498	36	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Campbell PF, Mailkus N.N.10	Acomp.9	NA.10	1	1	1	24759	1169	1	0	1	0	0	0	0	0	1

3 GC y GE: Grupo control y grupo experimental

4 Datos prof. Y est.: Datos profesores y estudiantes

5 Datos sociodem.: Datos sociodemográficos

6 Expo.: Expositivo

7 Hab.: Habilidades

8 Con.: Contenidos

9 Acomp.: Acompañamiento

10 N.A.: No aplica

Heyd-Metzuyanim < et al.	Expo.	Hab.	1	0	1	N.A.	50	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Hull DM, Hinerman KM, Ferguson SL, Chen O, Näslund-Hadley E.I.	Expo.	Hab.	1	1	1	N.A.	NA	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Jacob R, Hill H, Corey D.	Expo.	Hab.	1	0	1	N.A.	105	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Jitendra AK, Harwell MR, Karl SR, Dupuis D.N, Simonson GR, Slater SC, Lein AE.	Expo.	Hab.	1	0	1	1845	73	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Kiuhara S. et al.	Expo.	Con.	1	1	1	N.A.	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Kraft M, Hill H.	Acomp.	NA	1	1	1	N.A.	142	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Krawec, J, Montague, M	Expo.	Hab.	0	1	1	779	NA	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Kutlaka TS, Smith WM, Albano AD, Edwards CP, Ren L, Beattie HL, Lewis WJ, Heaton RM, Stroup WW.	Expo.	Con.	1	1	1	N.A.	126	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Kyaruzi F. et al.	Expo.	Hab.	1	1	1	251	8	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
Lindvall, J	Expo.	Con.	1	1	0	N.A.	NA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
McMeeking, LBS; Orsi, R; Cobb, RB	Expo.	Con.	1	1	1	2 319	23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lu. et al.	Expo.	Con.	1	1	1	3066	84	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0

Tabla 3. Características e instrumentos de los artículos con métodos cualitativos

Autores	Forma	Foco	Pre y post	GC y GE	Datos prof. y est	Nº: Estudiantes	Nº: Profesores	Prueba estandarizada	Prueba propia	Datos sociodemográ.	Calificaciones	Encuesta	Entrevistas	Observación clases	Otros	Cambio en los logros de los estudiantes
Bruce C.D., Ross JA	Acomp.	NA	1	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0	1	1	1
Keast S.	Expo.	Hab.	1	0	1	NA	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
McNeill J., Butt G., Armstrong A.	Expo.	Hab.	1	0	0	0	55	0	0	0	0	1	1	0	0	1
Moscardini, L	Expo.	Hab.	1	0	1	NA	21	0	1	0	1	0	1	1	1	1
Huang R., Gong Z., Han X.	Est. Clas ¹¹ .	NA	1	0	1	88	3	0	1	0	0	0	1	1	0	1
Pang J.S.	Est. Clas.	NA	1	0	1	NA	17	0	1	0	0	0	1	1	1	1
Hunter J., Hunter R., Anthony G.	Expo.	Hab.	1	0	1	121	20	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Kanageswari <i>et al.</i>	Est. Clas.	NA	1	0	1	29	2	0	0	0	0	0	0	1	0	1

¹¹ Est. Clas.: Estudio de clases

Tabla 4. Características e instrumentos de los artículos con métodos mixtos

Autores	Forma	Foco	Pre y post	GC y GE	Datos prof. y est.	Nº. Estudiantes	Nº. Profesores	Prueba estandarizada	Prueba propia	Datos sociodemográ.	Calificaciones	Encuesta	Entrevistas	Observación clases	Otros	Cambio en los logros de los estudiantes
Ellington A, Whitenack J, Edwards D.	Acomp.	N.A	1	1	1	10675	372	1	1	0	0	0	1	1	1	1
Lau WWF, Yuen AHIK	Est Clas.	N.A	1	0	1	68	2	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Klefbeck K	Est Clas.	N.A	1	0	1	10	3	0	1	0	0	0	0	1	1	0

OBJETIVOS E INSTRUMENTOS QUE UTILIZAN LAS INVESTIGACIONES QUE REPORTAN APRENDIZAJES DE LOS ESTUDIANTES

Del proceso de análisis, identificamos una escasa presencia de artículos centrados en los resultados de aprendizaje de los estudiantes entre los años 2008 y 2018 (12 de 24), mientras que esta tendencia cambia en 2019 y 2020 (siete de 11) con un mayor foco en estos resultados. En particular, los 35 reportes ofrecen información de los estudiantes, pero la mayoría los presentan como una fuente de datos de segunda importancia que se utiliza para respaldar que el programa estudiado es efectivo en docentes y estudiantes. En efecto, solo 19 proyectos declaran explícitamente en sus objetivos medir, evaluar y/o relacionar el DPD con los aprendizajes de los estudiantes (Andersson y Palm, 2017; Antoniou y Kyriakides, 2013; Bicer y Capraro, 2017; Callingham *et al.*, 2016; Campbell y Malkus, 2011; Ellington *et al.*, 2017; Hull *et al.*, 2018; Jacob *et al.*, 2017; Shanmugam *et al.*, 2020; Kihara *et al.*, 2020; Klefbeck, 2020; Kraft y Hill, 2020; Kutaka *et al.*, 2017; Kyaruzi *et al.*, 2020; McMeeking *et al.*, 2012; Lindvall, 2017; Lu *et al.*, 2019; Polly *et al.*, 2015; Schoevers *et al.*, 2020). Por ejemplo, un estudio indaga el grado en que otras variables, distintas a sus variables principales, impactan en los aprendizajes de los estudiantes (Kutaka *et al.*, 2017); y otro estudio se pregunta directamente cómo impacta el DPD en los aprendizajes de los estudiantes (Jacob *et al.*, 2017). Un cambio destacable ocurre en las investigaciones publicadas en 2019 y 2020, en las que se observa especial interés por averiguar cuál es la relación de los DPD con los logros de los estudiantes. Por ejemplo, explorar cuál es el impacto a corto plazo de un DPD sobre percepciones de los estudiantes sobre sus errores, que era el tema del DPD (Kyaruzi *et al.*, 2020). Si bien no todas las investigaciones abordan este propósito, la mayoría (siete de 11) pone en el mismo sitio de interés el DPD y los aprendizajes de los estudiantes. Por otra parte, aparecen algunos estudios que se centran en los logros de los estudiantes, incluso sobre la importancia que se le da a la formación continua de profesores (e.g. Kraft y Hill, 2020).

En relación con las técnicas de investigación, predomina el uso de instrumentos de medición para evaluar aprendizajes de los estudiantes, destacando las pruebas escritas. Para esta revisión, las pruebas se agruparon en dos tipos: estandarizadas (15) y de elaboración propia (16) por parte de los equipos de investigación. Ambos tipos de pruebas son aplicadas independiente de los enfoques metodológicos de los estudios, aunque se aprecia una tendencia a usar pruebas estandarizadas en los estudios cuantitativos y a utilizar pruebas de

elaboración propia en los estudios cualitativos. Solo tres de los 24 estudios cuantitativos no utilizan ningún tipo de prueba escrita. En contraste, solo tres de ocho estudios cualitativos usaron algún tipo de prueba escrita, las cuales siempre fueron de elaboración propia. En particular esto se ve acentuado en los años 2008 a 2018, mientras que en 2019 y 2020 los estudios disminuyen su uso de pruebas estandarizadas y de creación propia aumentando el uso de otros instrumentos. Otro hallazgo relevante de esta revisión es que los seis estudios que reportan resultados en los que los aprendizajes de los estudiantes no cambian luego del DPD de sus profesores, utilizaron algún tipo de prueba. En particular, cinco de ellos que adoptan enfoque cuantitativo recurrieron a pruebas estandarizadas como uno o como el único instrumento para recolectar información sobre los estudiantes (Callingham *et al.*, 2016; Jacob *et al.*, 2017; Jitendra *et al.*, 2016; Kraft y Hill, 2020; Lu *et al.*, 2019). Mientras que un estudio mixto muestra que a pesar de usar una prueba creada por el equipo no hay cambios en los aprendizajes de los estudiantes (Klebeck, 2020).

Con respecto a otros tipos de instrumentos y fuentes de información utilizadas para evaluar cambio en los aprendizajes de los estudiantes destaca la presencia de datos sociodemográficos, calificaciones de los estudiantes, encuestas, cuestionarios, entrevistas y observación de clases; esto último mayormente en las investigaciones con metodología cualitativa (ver tabla 3). Cabe mencionar que en algunas investigaciones se usan otros instrumentos como notas de campo, reportes de los profesores y narraciones orales de algunos docentes, pero estos no estaban presentes en más de dos trabajos, por lo que se clasificaron en la categoría "otros" (ver tabla 2, tabla 3 y tabla 4).

Por último, los resultados de esta revisión muestran que 100% de los estudios cualitativos (8 de 8), 66,6% (2 de 3) de los estudios mixtos y 79,17% (19 de 24) de los estudios cuantitativos alcanzan cambios favorables en los aprendizajes de los estudiantes en los programas que analizan. Es decir, solo se detectan resultados que no hubo cambio a la hora de medir mejoría en los aprendizajes de los estudiantes cuando se utilizan diseños mixtos o cuantitativos de investigación.

RELACIÓN ENTRE LAS FORMAS EN LAS QUE SE IMPARTEN LOS PROGRAMAS DE DPD EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA Y LOS APRENDIZAJES DE LOS ESTUDIANTES

A partir de la lectura de los artículos emergió una categoría que llamamos “formas”, la cual considera cómo son diseñados los DPD en educación matemática. Estos fueron agrupados de la siguiente manera: DPD expositivos, DPD de acompañamiento y DPD de estudio de clases.

DPD Expositivos

Son aquellos en los que un/a facilitador/a está a cargo de un grupo de profesores y conduce una sesión del programa de manera frontal a través de la exposición de un tema, en el cual los docentes tienen un rol pasivo, o bien participan de actividades dirigidas por quien conduce el taller y/o curso. Hay algunas excepciones a la exposición frontal, en la que los docentes trabajan por grupos en actividades establecidas por el/la facilitador/a teniendo un rol mucho más activo.

Los estudios identificados en esta categoría fueron 26 (ver tabla 2, tabla 3 y tabla 4). Entre ellos, destaca la falta de estudios con metodología mixta y que cuatro investigaciones reportan que los programas de DPD analizados no produjeron cambios en los aprendizajes de los estudiantes (ver tabla 2, tabla 3 y tabla 4).

En esta revisión de literatura, la mayor cantidad de información analizada corresponde a artículos que reportan programas de DPD expositivos, por lo que se profundiza en ellos más que en las otras categorías en la siguiente sección.

DPD de acompañamiento¹²

Constan principalmente de sesiones donde un/a facilitador/a con vasta experiencia en aula acompaña, supervisa y retroalimenta las prácticas de un/a profesor/a. Este tipo de acompañamiento suele realizarse en grupos pequeños o uno a uno, además de que en la mayoría de las oportunidades incluyen observaciones de clases y apoyo en la planificación.

¹² Acompañamiento es la traducción del inglés al español de *coaching*.

En esta revisión bibliográfica se incluyen cuatro programas de este tipo, entre los cuales se puede apreciar una investigación realizada con metodología cualitativa, dos cuantitativas y una mixta (ver tabla 2, tabla 3 y tabla 4). Tres de los cuatro estudios sobre este tipo de programas analizados muestran resultados positivos en los aprendizajes de los estudiantes. En concreto, se reportan mejoras en las calificaciones de los estudiantes a lo largo del año (Bruce y Ross, 2008) y mejores desempeños de los estudiantes en pruebas estandarizadas en comparación con un grupo control (Campbell y Malkus, 2011; Ellington *et al.*, 2017).

DPD de estudio de clases¹³

Se basan principalmente en el trabajo en conjunto de un grupo de profesores y la iteración sobre la implementación de una clase planificada en grupo, que se va repitiendo y mejorando a lo largo de varias oportunidades. Los participantes reciben retroalimentación y realizan modificaciones en cada oportunidad.

De los cinco estudios analizados que usan este tipo de programas, cuatro provienen de Asia (China y Korea). Tres de ellos utilizan enfoque cualitativo y dos emplean métodos mixtos. Cuatro de los cinco trabajos reportan mejoría en aprendizajes de los estudiantes, medidos en cada uno de los casos a través de pruebas de elaboración propia y respaldadas por entrevistas, observaciones (Huang *et al.*, 2016; Pang, 2016) y conversaciones entre docentes sobre percepciones del aprendizaje de estudiantes (Lau y Yuen, 2013).

FOCOS QUE BUSCAN DESARROLLAR LOS DPD EXPOSITIVOS Y SU RELACIÓN CON LOS APRENDIZAJES DE LOS ESTUDIANTES

A partir del estudio de los artículos notamos que existe una gran variedad de temas que buscan desarrollar los distintos programas de DPD en educación matemática, pero dada su cantidad le dimos un énfasis particular a aquellos que utilizan la forma expositiva. En particular, emergen dos “focos” en los que se basan los programas con forma expositiva: contenidos y habilidades.

¹³ Estudio de clases es la traducción del inglés al español de *Lesson Study*.

DPD basados en contenidos

Son aquellos en los cuales las sesiones de trabajo están orientadas a desarrollar un tema específico del currículo de matemática (geometría, álgebra, entre otros), en el cual uno de sus principales objetivos es que los profesores mejoren sus conocimientos del contenido o sus conocimientos matemáticos para la enseñanza (Ball *et al.*, 2008).

En esta búsqueda se encontraron ocho trabajos de este tipo, los cuales en 100% de los casos utilizaron metodología cuantitativa para medir los aprendizajes de los estudiantes (ver tabla 2, tabla 3 y tabla 4). De los ocho estudios, seis reportan diferencias significativas entre los aprendizajes de los estudiantes pre y post programa en un contenido matemático específico, mientras que en dos de ellos se concluye que no hay un cambio estadísticamente significativo en los aprendizajes de los estudiantes. Cabe destacar que uno de los estudios donde no se encontraron cambios significativos fue el más exhaustivo y el único que usó más de un instrumento: prueba estandarizada y encuesta (Callingham *et al.*, 2016), mientras que los otros estudios usaron solo prueba escrita.

Los resultados de estos ocho estudios sobre el efecto que tendrían estos programas en los aprendizajes de los estudiantes revelan que los grupos de alumnos de los profesores que participaron de los DPD muestran diferencias significativas con los grupos control comparados. El estudio sobre un programa de estadística de Pournara *et al.* (2015) menciona un tamaño del efecto de 0,17 puntos, mientras que el estudio de estadística de Callingham *et al.* (2016) muestra que a pesar de haber una diferencia significativa en los aprendizajes de los estudiantes al comparar el grupo experimental y el grupo control el primer año, esta deja de ser significativa en una segunda medición. Los programas de DPD enfocados en álgebra (Bicer y Capraro, 2017) y números y operaciones (Kutaka *et al.*, 2017) reportan diferencias significativas en todos los cursos en que los profesores participaron del DPD en comparación con los grupos control. Esto contrasta con lo reportado en el estudio de Lindvall (2017), donde si bien hay diferencias significativas a favor de los grupos experimentales estas no ocurren en todos los cursos ni todos los años.

DPD basados en habilidades

Son aquellos en los que se busca desarrollar algún tipo de habilidad (por ejemplo: resolución de problemas, modelación, entre otras) en los docentes para que

mejoren su práctica pedagógica o bien aquellos donde se busca que dicha destreza sea aprendida por los estudiantes y se prepara a los docentes para que implementen cierto tipo de actividades (Felmer y Perdomo-Díaz, 2017; Felmer, 2014).

Los artículos que corresponden a esta categoría son 18, de los cuales cuatro usaron metodología cualitativa y el resto metodología cuantitativa (ver tabla 2, tabla 3 y tabla 4). Dos de los 18 estudios reportan no haber encontrado diferencias significativas en los aprendizajes de los estudiantes, mientras que 16 mencionan que los programas de DPD tienen relación con cambios en los resultados de aprendizaje de los estudiantes.

Cabe destacar que, para evaluar si este tipo de programas enfocados en habilidades impactan en cambios favorables de los aprendizajes de los estudiantes, 12 de los 18 estudios usaron al menos dos instrumentos distintos. En contraste con los programas DPD basados en contenidos, 10 de los estudios utilizaron una prueba de elaboración propia de los cuales tres la complementaron con resultados de una prueba estandarizada (ver tabla 2, tabla 3 y tabla 4). Por otra parte, dos de los estudios decidieron utilizar únicamente una prueba estandarizada reflejando resultados dispares, ya que solo uno de los dos presenta diferencias significativas en los aprendizajes de los estudiantes.

Los programas de DPD expositivos con foco en habilidades muestran una variedad de resultados. Entre ellos destaca que cuando se atiende la diversidad de niveles de conocimientos de los profesores se logran mejores resultados en los aprendizajes de los estudiantes (Antoniou y Kyriakides, 2013). Además, algunos estudios que utilizaron una prueba estandarizada y otra de elaboración propia, mostraron que los estudiantes del grupo control no alcanzan resultados estadísticos significativos sobre el grupo control en la prueba estandarizada, pero sí se aprecian cambios en los aprendizajes de los estudiantes al evaluarles con la prueba de elaboración propia enfocada en medir habilidades (Jitendra *et al.*, 2016; Krawec y Montague, 2014).

DISCUSIÓN

En esta revisión, se agruparon los principales resultados identificados en la investigación de aprendizajes de los estudiantes cuyos profesores participaron de un programa de DPD en educación matemática entre el año 2012 y el 2020. En ellos es fundamental comprender cómo la investigación aborda los estudios que reportan la implementación de programas y cómo consideran los resultados

de estudiantes en ella (Paiss y Valero, 2012), con lo cual podremos comprender “lo político” que subyace a las ideas del conocimiento en el campo. Al mismo tiempo, es relevante indagar en las características de los estudios para comprender la posible influencia de la participación de los docentes en un programa de DPD en los aprendizajes de sus estudiantes.

Con respecto al origen y diseños de investigación, la mayor cantidad de estudios proviene de Estados Unidos, y se produce un sesgo contextual influenciado por la alta presencia de estudios en este país. Esto podría llevar a pensar que los hallazgos de estos estudios no son necesariamente aplicables a las realidades de otros países, corroborando las críticas de Lindvall (2017). Sin embargo, esta conclusión puede ser desafiada por la relevancia de contrastar realidades nacionales y, por la oportunidad de comprender la propia realidad desde una perspectiva comparativa (Powell, 2020).

En este tipo de investigaciones, también preponderan los diseños cuantitativos por sobre los cualitativos o mixtos, ofreciendo una perspectiva amplia con estudios a gran escala, pero sin profundizar suficientemente acerca de los aprendizajes de los estudiantes, dado que la mayoría de ellos usan resultados de pruebas estandarizadas y no complementan esa información con otros datos. Se trata de un abordaje que parece muy puntual y a veces superficial del posible efecto que produciría la participación de docentes en un DPD en los aprendizajes de los estudiantes. Aun así, los estudios cualitativos y mixtos que analizan con mayor profundidad los efectos de los programas en los logros de los estudiantes recurren a varias fuentes de datos, lo que podría indicar que estos estudios poseen una mayor sensibilidad para notar cambios. De este modo, por ejemplo, además de analizar resultados de pruebas estandarizadas, producen datos a partir de entrevistas, observaciones, etnografías, entre otros, profundizando en dimensiones de avance de las y los estudiantes, que el análisis de pruebas estandarizadas podría no alcanzar a detectar.

La mayoría de los estudios ocupan metodologías de enfoque cuantitativo, por lo que solo es posible conocer si hubo un cambio estadísticamente significativo en mediciones pre-post o bien entre un grupo control y un grupo experimental, el cual a priori sería explicado porque los profesores de un grupo participaron de un DPD en particular, pero frecuentemente los resultados provienen de una única fuente o instrumento. Esto produce afirmaciones concluyentes sin necesariamente contar con datos suficientes para sustentar algunas de las conclusiones (Campbell y Malkus, 2011). También, destaca la poca diversidad en los diseños de investigación, ya que no parece haber demasiadas

alternativas a los estudios con diseños cuasiexperimentales longitudinales, salvo algunos pocos estudios que incorporan como novedad el análisis de modelos jerárquicos (Polly *et al.*, 2015), que pesquistan resultados anidados para medir el efecto de un DPD específico. En el caso de los estudios cualitativos, la tendencia es clara y está puesta en aplicar pruebas de elaboración propia y realizar observaciones de clases, ya sea presencialmente o en video, para luego cruzar dichas fuentes con entrevistas o cuestionarios.

Con respecto a los objetivos relacionados con medir los aprendizajes de los estudiantes, solo en 19 de los 35 estudios analizados se definen estos explícitamente como objetivos principales o secundarios, mientras que en el resto de los trabajos son utilizados como información complementaria, debido a que los estudios centran sus objetivos únicamente en los profesores. Si bien los docentes son los protagonistas de los programas de DPD, teniendo en cuenta que un fin esperable de estos programas es mejorar el aprendizaje de los estudiantes, se esperaría un avance en la investigación hacia la identificación de efectos relacionados con ellos. De acuerdo con los hallazgos de la presente revisión, esto es aún una promesa no cumplida.

Según nuestros resultados, en los programas centrados en contenidos, se aprecia una cierta tendencia hacia mayor logro de los estudiantes cuando el programa de DPD está enfocado en un contenido en particular. Una hipótesis que permite explicar por qué ciertos contenidos podrían mostrar mayor efectividad que otros en un programa, tiene relación con que los dos programas de DPD expositivos con foco en temáticas de estadística que incluimos en el estudio, muestran diferencias significativas en todos los niveles en que se aplicaron evaluaciones a estudiantes. Esto podría deberse a que la estadística es un tema difícil para muchos docentes de matemáticas (Estrella *et al.*, 2015), por lo que se podría anticipar que estos docentes presentaban vacíos en el contenido de estadística y, al participar de un DPD que lo trabajó en profundidad, lograron incorporar cambios sustantivos para trabajar estos tópicos con sus alumnos. En otras palabras, podríamos hipotetizar que los docentes en estos programas partieron desde una base descendida que habría sido incrementada durante su participación en el DPD, mostrando efectos sobresalientes en la efectividad medida en pruebas a sus estudiantes, luego de finalizar dicha participación.

Por otra parte, los programas cuyo foco es el desarrollo de habilidades son los más comunes en este estudio (14), de los cuales solo dos no presentan resultados significativos en los aprendizajes de los estudiantes. En el caso de aquellos programas de DPD con foco en habilidades que sí tuvieron efectos

positivos en los aprendizajes de los estudiantes, se identifica una tendencia a evitar utilizar solo una prueba estandarizada para medir el cambio de habilidades en los estudiantes. Por ejemplo, de los cuatro estudios que emplean pruebas estandarizadas solo uno de ellos las usa como único instrumento.

Es importante notar que los estudios que evalúan los aprendizajes de los estudiantes difieren en la forma, ya que los que buscan medir habilidades usan más instrumentos y fuentes de información, además de estar más centrados en los estudiantes en comparación con los que se focalizan en contenidos, que parecieran estar más relacionados con la efectividad que los DPD alcanzan en los docentes. De acuerdo con los resultados de esta revisión, las investigaciones que consideran habilidades en su diseño y oferta formativa, utilizan dos y hasta tres fuentes de datos basadas en observaciones de clases, entrevistas, encuestas, calificaciones, datos socioeconómicos y pruebas escritas, lo que no ocurre con los que se centran en contenidos que en su mayoría solo utilizan pruebas escritas. También destaca que, al contrario de los programas enfocados en contenidos, la prueba no es vista como la única manera de medir logros en los estudiantes, ya que en dos investigaciones (Keast, 2015; McNeill *et al.*, 2016) no se utiliza esta alternativa, mientras que en otras ocasiones cuando se usa una prueba estandarizada se hace en complemento con una prueba de elaboración propia (Jitendra *et al.*, 2016; Krawec y Montague, 2014; Ottmar *et al.*, 2015).

Los resultados obtenidos en esta revisión sistemática permiten comprender que los programas de DPD en educación matemática posicionan el aprendizaje de estudiantes en formas diversas y en base a su diseño en forma y foco. En este análisis, la mayoría de los programas estudiados tiene forma expositiva para el trabajo con docentes durante el DPD. Este hallazgo contrasta con características de programas de DPD efectivos como las propuestas por Garet *et al.* (2001) y Desimone (2009) respecto de la participación activa de docentes en DPD, en actividades que les involucren en su aprendizaje. También, nos invita a plantear una nueva mirada a las metodologías de aprendizaje y enseñanza que se consideran en los diseños de los programas de DPD, para favorecer una participación docente que tenga un potencial impacto en el aprendizaje de sus estudiantes. Esta es una oportunidad de mejora para estos programas, que deberían tender a alejarse de metodologías expositivas y acercarse a diseñar instancias de aprendizaje activo para las y los docentes.

CONCLUSIÓN

Estos hallazgos permiten identificar una variedad de brechas en los estudios que señalan futuros caminos para ampliar la investigación sobre programas de DPD en educación matemática. Por un lado, si miramos lo que hay detrás de las investigaciones, a través de los artículos, notamos que estos estudios están altamente influenciados por la investigación proveniente de Estados Unidos. Por otro lado, la metodología de investigación a la que más se recurre es la cuantitativa; por tanto, los instrumentos que más se usan para medir los aprendizajes de los estudiantes son pruebas escritas. Podríamos entonces dudar de las investigaciones centradas en un tipo de instrumento, sobre todo cuando no poseen un objetivo primario o secundario declarado en los aprendizajes de los estudiantes.

Un aspecto que se profundiza en esta revisión tiene relación con los programas DPD expositivos que buscan desarrollar habilidades, los cuales en su mayoría muestran que cuando estos poseen características de programas efectivos (Desimone, 2009) y evalúan de forma profunda con varias fuentes de datos, generan cambios favorables en los aprendizajes de los estudiantes, aunque queda la duda de si al ser expositivos incorporan la idea de aprendizaje activo. Finalmente, es posible apreciar que a medida que pasan los años la investigación parece dedicar más tiempo y esfuerzo a entender cómo se relacionan los DPD con los efectos que estos logran en los docentes y en los aprendizajes de los estudiantes. No obstante, queda mucho por descubrir y entender, haciendo necesaria más investigación que permita conectar los logros de docentes en DPD con los logros de los estudiantes que están formando.

REFERENCIAS

- Akiba, M. y Goudong, L. (2016), Effects of teacher professional development on gains in student achievement growth, *The Journal of Education Research*, 109(1), 99–110.
- Andersson, C. y Palm, T. (2017), The impact of formative assessment on student achievement: A study of the effects of changes to classroom practice after a comprehensive professional development programme, *Learning and Instruction*, 49(1), 92–102.
- Antoniou, P. y Kyriakides, L. (2013), A Dynamic Integrated Approach to teacher professional development: Impact and sustainability of the effects on improving teacher behaviour and student outcomes, *Teaching and Teacher Education*, 29(1), 1–12.
- Ávalos, B. (2007). El desarrollo profesional continuo de los docentes: lo que nos dice la experiencia internacional y de la región latinoamericana. *Pensamiento Educativo, Revista de Investigación Latinoamericana (PEL)*, 41(1), 77-99.
- Avalos, B. (2011), Teacher professional development in Teaching and Teacher Education over ten years, *Teaching and Teacher Education*, 27(1), 10–20.
- Ball, D. Loewenberg, Thames, M. y Phelps, G. (2008), Content Knowledge for teaching: what makes it special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389–407.
- Barasa, L. (2020), Teacher Quality and Mathematics Performance in Primary Schools in Kenya, *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 24(1), 53–64.
- Bicer, A. y Capraro, R. M. (2017), Longitudinal effects of technology integration and teacher professional development on students' mathematics achievement, *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(3), 815–833.
- Boote, D. N. y Beile, P. (2016), Scholars before researchers: On the centrality of the dissertation literature review in research preparation, *Educational Researcher*, 34(6), 1–13.
- Borko, H. (2004), Professional Development and Teacher Learning: Mapping the Terrain, *Educational Researcher*, 33(8), 3–15.
- Bruce, C. D. y Ross, J. A. (2008), A model for increasing reform implementation and teacher efficacy: Teacher peer coaching in grades 3 and 6 mathematics, *Canadian Journal of Education*, 31(2), 346–370.
- Buczynski, S. y Hansen, C. B. (2010), Impact of professional development on teacher practice: Uncovering connections, *Teaching and Teacher Education*, 26(3), 599–607.
- Callingham, R., Carmichael, C. y Watson, J. M. (2016), Explaining Student Achievement: the Influence of Teachers' Pedagogical Content Knowledge in Statistics, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(7), 1339–1357.
- Campbell, P. F. y Malkus, N. N. (2011), The Impact of Elementary Mathematics Coaches on Student Achievement, *The Elementary School Journal*, 111(3), 430–454.

- Cerda, G, C. Pérez, C., Giaconi, V., Perdomo-Díaz, J., Reyes, C. y Felmer, P. (2017), The effect of a professional development program workshop about problem solving on mathematics teachers' ideas about the nature of mathematics, achievements in mathematics, and learning in mathematics, *Psychology, Society and Education*, 9(1), 11-26.
- Delli, K. (2020). The impact of teacher professional development programs on mathematics teaching. *Journal of Education and Practice*, 11(3), 1-9.
- Desimone, L. M. (2009), Improving Impact Studies of Teachers' Professional Development: Toward Better Conceptualizations and Measures, *Educational Researcher*, 38(3), 181-199.
- Desimone, L. M. y Garet, M. S. (2015), Best Practices in Teachers' Professional Development in the United States, *Psychology, Society & Education*, 7(3), 252-263.
- Desimone, L. M., Porter, A. C., Garet, M. S., Yoon, K. S. y Birman, B. F. (2002), Effects of Professional development on Teacher's Instruction: Results from a Three-year Longitudinal Study, *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 24(2), 81-112.
- Ellington, A., Whitenack, J. y Edwards, D. (2017), Effectively coaching middle school teachers: A case for teacher and student learning, *Journal of Mathematical Behavior*, 46(1), 177-195.
- Estrella, S., Olfos, R. y Mena-Lorca, A. (2015), Pedagogical content knowledge of statistics among primary school teachers, *Educacao e Pesquisa*, 41(2), 477-492.
- Felmer, P. y Perdomo-Díaz, J. (2017), Un programa de desarrollo profesional docente para un currículo de matemática centrado en las habilidades: la resolución de problemas como eje articulador, *Educación Matemática*, 29(1), 201-217.
- Felmer, P. (2014), Estrategias de desarrollo profesional: Profesores de enseñanza básica, habilidades matemáticas y clases de matemática, Proyecto FONDEF IDeA ID14I10338, Fondecyt, Ministerio de Educación de Chile.
- Garet, M. S., Wayne, A. J., Stancavage, F., Taylor, J., Eaton, M., Walters, K., Song, M., Brown, S., Hurlburt, S., Zhu, P., Sepanik, S. y Doolittle, F. (2011), Middle School Mathematics Professional Development Impact Study: Findings after the Second Year of Implementation, NCEE 2011-4024, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, <http://eric.ed.gov/?id=ED519922>
- Garet, M. S., Porter, A., Desimone, L., Birman, B. y Yoon, K. S. (2001), What Makes Professional Development Effective? Results From a National Sample of Teachers, *American Educational Research Journal*, 38(4), 915-945.
- Goldschmidt, P. y Phelps, G. (2010), Does teacher professional development affect content and pedagogical knowledge: How much and for how long?, *Economics of Education Review*, 29(3), 432-439.

- Harris, G., Stevens, T. y Higgins R. (2011) A professional development model for middle school teachers of mathematics, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 42(7), 951–961.
- Hill, H. C., Beisiegel, M. y Jacob, R. (2013), Professional Development Research: Consensus, Crossroads, and Challenges, *Educational Researcher*, 42(9), 476–487.
- Hill, H. C. y Chin, M. (2018), Connections Between Teachers' Knowledge of Students, Instruction, and Achievement Outcomes, *American Educational Research Journal*, 55(5), 1076-1112.
- Huang, R., Gong, Z. y Han X. (2016), Implementing mathematics teaching that promotes students' understanding through theory-driven lesson study, *ZDM Mathematics Education*, 48(1), 425–439.
- Hull, D. M., Hinerman, K. M., Ferguson, S. L., Chen, Q. y Näslund-Hadley, E. I. (2018), Teacher-Led Math Inquiry: A Cluster Randomized Trial in Belize, *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 40(3), 336–358.
- Jacob, R., Hill, H. C. y Corey, D. (2017), The Impact of a Professional Development Program on Teachers' Mathematical Knowledge for Teaching, Instruction, and Student Achievement, *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 10(2), 379–407.
- Jitendra, A. K., Harwell, M. R., Karl, S. R., Dupuis, D. N., Simonson, G. R., Slater, S. C. y Lein, A. E. (2016), Schema-based instruction: Effects of experienced and novice teacher implementers on seventh grade students' proportional problem solving, *Learning and Instruction*, 44(1), 53–64.
- Keast, S. (2015), An effective model for professional development: A case study of a mathematics teacher's change in Australia, *International Journal of Humanities Education*, 12(2), 1–11.
- Kennedy, M. M. (2016), How Does Professional Development Improve Teaching?, *Review of Educational Research*, 86(4), 945–980.
- Kiuhara, S. A., Rouse, A. G., Dai, T., Witzel, B. S., Morphy, P. y Unker, B. (2020), Constructing written arguments to develop fraction knowledge, *Journal of Educational Psychology*, 112(3), 584–607.
- Klefbek, K. (2020), Lesson study for students with intellectual disability, *International Journal for Lesson and Learning Studies*, 9(3), 245–259.
- Koellner, K. y Jacobs, J. (2015), Distinguishing Models of Professional Development: The Case of an Adaptive Model's Impact on Teachers' Knowledge Instruction, and Student Achievement, *Journal of Teacher Education*, 66(1), 51–67.
- Kraft, M. A. y Hill, H. C. (2020), Developing Ambitious Mathematics Instruction Through Web-Based Coaching: A Randomized Field Trial, *American Educational Research Journal*, 57(6), 2378-2414.

- Krawec, J. y Montague, M. (2014), The role of teacher training in cognitive strategy instruction to improve math problem solving, *Learning Disabilities Research and Practice*, 29(3), 126–134.
- Kutaka, T. S., Smith, W. M., Albano, A. D., Edwards, C. P., Ren, L., Beattie, H. L., Lewis, W. J., Heaton, R. M. y Stroup, W. W. (2017), Connecting Teacher Professional Development and Student Mathematics Achievement: A 4-Year Study of an Elementary Mathematics Specialist Program, *Journal of Teacher Education*, 68(2), 140–154.
- Kyaruzi, F., Strijbos, J. W. y Ufer, S. (2020), Impact of a Short-Term Professional Development Teacher Training on Students' Perceptions and Use of Errors in Mathematics Learning, *Frontiers in Education*, 5(1), 1–15.
- Lau, W. W. F. y Yuen, A. H. K. (2013), Learning Study in Mathematics: It is for Students, Teachers, and Teacher Educators, *Asia-Pacific Education Researcher*, 22(4), 377–388.
- Lindvall, J. (2017), Two Large-Scale Professional Development Programs for Mathematics Teachers and Their Impact on Student Achievement, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(7), 1281–1301.
- Lindvall, J., Helenius, O. y Wiberg, M. (2018), Critical features of professional development programs: Comparing content focus and impact of two large-scale programs, *Teaching and Teacher Education*, 70(1), 121–131.
- Lu, M., Loyalka, P., Shi, Y., Chang, F., Liu, C., y Rozelle, S. (2019), The impact of teacher professional development programs on student achievement in rural China: evidence from Shaanxi Province, *Journal of Development Effectiveness*, 11(2), 105–131.
- McMeeking, L. B. Sample, Orsi, R. y Cobb, R. B. (2012), Effects of a Teacher Professional Development Program on the Mathematics Achievement of Middle School Students, *Journal for Research in Mathematics Education*, 43(2), 160–182.
- McNeill, J., Butt, G. y Armstrong, A. (2016), Developing collaborative approaches to enhance the professional development of primary mathematics teachers, *Education 3-13*, 44(4), 426–441.
- Ottmar, E. R., Rimm-Kaufman, S. E., Larsen, R. A. y Berry, R. Q. (2015), Mathematical Knowledge for Teaching, Standards-Based Mathematics Teaching Practices, and Student Achievement in the Context of the Responsive Classroom Approach, *American Educational Research Journal*, 52(4), 787–821.
- Paiss, A., y Valero, P. (2012). Researching research: Mathematics education in the political. *Educational studies in mathematics*, 80(1), 9-24.
- Pang, J. S. (2016), Improving mathematics instruction and supporting teacher learning in Korea through lesson study using five practices, *ZDM - Mathematics Education*, 48(4), 471–483.

- Polly, D., McGee, J., Wang, C., Martin, C., Lambert, R. y Pugalee, D. K. (2015), Linking professional development, teacher outcomes, and student achievement: The case of a learner-centered mathematics program for elementary school teachers, *International Journal of Educational Research*, 72(1), 26–37.
- Porter, A. C., Garet, M. S., Desimone, L. M. y Birman, B. F. (2003), Providing Effective Professional Development: Lessons from the Eisenhower Program, *Science Educator*, 12(1), 23–40.
- Porter, A. C., McMaken, J., Hwang, J. y Yang, R. (2011), Common Core Standards: The New U.S. Intended Curriculum, *Educational Researcher*, 40(3), 103-116.
- Pournara, C., Hodgen, J., Adler, J. y Pillay, V. (2015), Can improving teachers' knowledge of mathematics lead to gains in learners' attainment in Mathematics?, *South African Journal of Education*, 35(3), 1–10.
- Powell, J. J. W. (2020). Comparative education in an age of competition and collaboration. *Comparative Education*, 56(1), 57–78. <https://doi.org/10.1080/03050068.2019.1701248>
- Prast, E. J., Weijer-Bergsma, E. V. de, Kroesbergen, E. H. y Van Luit, J. E. H. (2018), Differentiated instruction in primary mathematics: Effects of teacher professional development on student achievement, *Learning and Instruction*, 54(1), 22–34.
- Roschelle, J., Shechtman, N., Tatar, D., Hegedus, S., Hopkins, B., Empson, S, Knudsen, J. y Gallagher, L. P. (2010), Integration of Technology, Curriculum, and Professional Development for Advancing Middle School Mathematics: Three Large-Scale Studies, *American Educational Research Journal*, 47(4), 833–878.
- Sadler, T. D., Burgin, S., McKinney, L. y Ponjuan, L. (2010), Learning science through research apprenticeships: A critical review of the literature, *Journal of Research in Science Teaching*, 47(3), 235–256.
- Schoevers, E. M., Leseman, P. P. M. y Kroesbergen, E. H. (2020), Enriching Mathematics Education with Visual Arts: Effects on Elementary School Students' Ability in Geometry and Visual Arts, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(8), 1613–1634.
- Shanmugam, S. K., Mohan Chinnappan, S. y Leong, K. E. (2020), Action research in examining the enquiry approach of lesson study in mathematics, *Pertanika Journal of Social Sciences and Humanities*, 28(3), 1675–1693.
- Sowder, J. T. (2007), The mathematical education and development of teachers, *Second handbook of research on mathematics teaching and learning*, 1(1), 157-223.
- Sztajn, P. (2011), Standards for reporting mathematics professional development in research studies, *Journal for research in mathematics education*, 42(3), 220-236.

Tabach, M. y Schwarz, B. B. (2018), Professional development of mathematics teachers toward the facilitation of small-group collaboration, *Educational Studies in Mathematics*, 97(3), 273–298.

Zhao, Y. (2010), Preparing globally competent teachers: A new imperative for teacher education, *Journal of Teacher Education*, 61(5), 422–431.

Autor correspondencia

ARMANDO PERI

Dirección: Doctorado en educación, Facultad de educación,
Pontificia Universidad Católica de Chile.
Av. Vicuña Mackenna 4860, Macul, Región Metropolitana, Chile.
ajperi@uc.cl