

Estableciendo puentes entre la investigación y su transferencia al aula

Pablo Beltrán-Pellicer. Facultad de Educación. Universidad de Zaragoza.

Marianna Bosch. Facultat d'Educació. Universitat de Barcelona.

Berta Barquero. Facultat d'Educació. Universitat de Barcelona.

Versión pre-print para uso privado. Cítese como:

Beltrán-Pellicer, P., Bosch, M., & Barquero, B. (2024). Estableciendo puentes entre la investigación y su transferencia al aula. *UNO. Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 104, 58-67.

Resumen

Este trabajo persigue problematizar y reflexionar sobre los recursos didácticos y organizaciones de saber que conforman una *infraestructura didáctica* fundamental para el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas y el papel que juega la investigación didáctica. Se discute el papel de distintas iniciativas y proyectos para establecer puentes y colaboración para la transferencias de la investigación al aula con la creación de comunidades mixtas que facilite la evolución de la infraestructura necesaria para sostener cambios en la enseñanza de las matemáticas.

1. Investigación, docencia e infraestructuras didácticas

La práctica docente, en todas las áreas y a todos los niveles, se sostiene gracias a un conjunto importante de recursos, materiales, organizaciones de saber que conforman una infraestructura didáctica fundamental para el desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Como docentes, nos basamos fuertemente en esta infraestructura, por ejemplo, al organizar un curso o materia, estructurar los contenidos, elegir y diseñar las actividades de clase, evaluarlas, etc. Al utilizar una infraestructura, también la modificamos y adaptamos a nuestras necesidades y circunstancias, contribuyendo así individual y colectivamente a su evolución. La aparición de Internet ha transformado de forma drástica la forma material de estas infraestructuras, con opciones en línea e interactivas que rivalizan con los documentos en papel. También ha multiplicado los tipos de infraestructuras a las que podemos acceder.

A menudo damos por sentado estas infraestructuras y tendemos a focalizar nuestra atención en el alumnado y el profesorado, olvidando dos hechos cruciales. Primero, que las infraestructuras han sido elaboradas históricamente siguiendo principios epistemológicos y didácticos particulares, con los que podemos coincidir o no, pero que no son ni los únicos, ni necesarios, ni neutrales. Segundo, que la variedad y calidad de estas infraestructuras determinan fuertemente nuestras capacidades de acción como docentes y también las de nuestros estudiantes: qué organización de contenidos adoptamos, cómo organizamos su estudio, qué cuestiones proponemos abordar, qué ejercicios y problemas sirven para introducir, motivar o afianzar los conocimientos, cómo los evaluamos, etc.

Son muchos los agentes que participan en la creación y desarrollo de las infraestructuras didácticas, como los propios docentes, individual o colectivamente, a través de asociaciones y grupos de trabajo, las editoriales o empresas de desarrollo de software y actividades, las administraciones, equipos de investigación e innovación docente, etc. La investigación didáctica aborda el estudio de estas infraestructuras desde diferentes perspectivas y analiza sus efectos, los cambios que se le pueden incorporar, así como las condiciones para que dichas incorporaciones sean viables y efectivas. Obviamente, el estudio de las infraestructuras didácticas no puede separarse del de las superestructuras correspondientes, es decir, de las actividades y gestos que hacen—o podrían hacer—docentes y discentes a partir de ella. Por ejemplo, organizar una secuencia de ejercicios a partir de un libro de texto y una web de Internet (docente) y realizar estos ejercicios (discente). Las reformas curriculares provocan a menudo la necesidad de hacer evolucionar las infraestructuras didácticas existentes, sin proponer siempre las medidas necesarias para ello. La investigación didáctica también tiene un papel ante las nuevas necesidades docentes, para caracterizarlas y generar dispositivos didácticos adaptados.

El caso de las *situaciones de aprendizaje* es un buen ejemplo de necesidad reciente en la infraestructura didáctica disponible, generada por un cambio curricular. No es función de la investigación didáctica indicar al profesorado qué ni cómo deben desarrollar su docencia. Pero sí puede contribuir a la evolución de la infraestructura didáctica disponible, para que esta facilite las condiciones y recursos necesarios para diseñar e implementar situaciones de aprendizaje adaptadas a distintas circunstancias. Ahora bien, no tiene sentido que unos, desde la investigación didáctica, trabajen en el desarrollo de infraestructuras sin la colaboración de quienes, como docentes, tendrán de adaptar la infraestructura y proporcionar la superestructura correspondiente.

2. Iniciativas desde distintas perspectivas

De hecho, existe un debate interno en la didáctica de las matemáticas como disciplina científica acerca de si deberían (o pueden) emanar de ella orientaciones que guíen la práctica profesional de los docentes (Gascón y Nicolás, 2017). Aunque, en primer lugar, haya que fijar los presupuestos de cada enfoque teórico, puede decirse que existe cierto consenso en que se persigue una visión de la educación matemática en línea con lo que planteaban los principios del NCTM en un ya lejano año 2000:

Imagine una clase, una escuela o un distrito escolar donde todo el alumnado tenga acceso a una educación matemática atractiva y de calidad. Hay expectativas ambiciosas para todos y todas, con adaptaciones para aquellos que lo necesitan. El profesorado, bien preparado, posee los recursos adecuados para apoyar su trabajo y están perfeccionándose continuamente como profesionales. El currículo es matemáticamente rico y ofrece oportunidades a los estudiantes para entender importantes conceptos y procedimientos matemáticos. La tecnología es un componente esencial del entorno. El alumnado trabaja, con confianza, en tareas matemáticas complejas, elegidas cuidadosamente por el profesorado. Adquieren conocimientos a partir de una amplia variedad de temas matemáticos y, a veces, abordan un mismo problema desde distintos puntos de vista, o representan las

matemáticas de diferentes formas, hasta que encuentran métodos que los capacitan para progresar. Los profesores y profesoras ayudan al alumnado a formular, perfeccionar y explorar conjeturas partiendo de evidencias y a utilizar diferentes tipos de razonamiento, así como distintas técnicas de demostración para confirmar o refutar esas conjeturas. Los estudiantes son flexibles y hábiles resolutores de problemas. Solos o en grupos, y con acceso a los medios tecnológicos, trabajan de manera productiva y reflexiva bajo la experta guía de sus profesores. Oralmente y por escrito, comunican sus ideas y resultados con eficacia. Valoran las matemáticas y se dedican activamente a aprenderlas.

Es interesante observar las infraestructuras didácticas que se mencionan en la cita anterior, por ejemplo, los recursos docentes, formación continua del profesorado, un currículo rico y eficaz, medios tecnológicos, tareas complejas y bien elegidas, temas matemáticos y problemas. Porque no olvidemos que las diferentes formas de organizar los contenidos que se tienen que enseñar es una parte fundamental de dicha infraestructura.

A día de hoy, y con el desarrollo y evolución del área de didáctica de las matemáticas de las últimas décadas, la práctica docente no debería ignorar los resultados de investigación, pues constituyen un campo de conocimiento que no solo explica los fenómenos de aula, sino que proporciona los elementos necesarios para el desarrollo profesional. Parte de los resultados de la investigación, así como de sociedades de profesorado de matemáticas y equipos altamente especializados, corresponde al desarrollo de nuevas infraestructuras en forma de materiales y recursos de naturaleza muy variada. Ahora bien, este tipo de recursos que existen desde los años 80 del siglo pasado y sus enfoques siguen sin llegar con facilidad a las aulas. Sin ánimo de exhaustividad, podemos mencionar los materiales del Shell Center (<https://www.mathshell.com/>), el proyecto NRich (<https://nrich.maths.org/>) y, en temas específicos de estadística, el libro de Batanero y Díaz (2011) de “Estadística con proyectos” o, a mayor escala, la reciente segunda iteración del informe GAISE (Bargagliotti, et al., 2020) de orientaciones para la educación estadística. Son repositorios de actividades y propuestas que proporcionan un acceso directo a resultados de investigación que pueden tener impacto en el aula. Así, en el GAISE II se describe en detalle el ciclo de resolución de problemas en estadística, que difiere del proceso general de resolución de problemas, y se plantea un esquema de tres niveles de razonamiento. El documento, además, incluye ejemplos de cómo trabajar cada una de las fases de un proyecto estadístico (hacer preguntas pertinentes, recoger datos, analizar datos, interpretar los resultados) para cada uno de los niveles.

Igualmente, y siempre en el ámbito de la estadística, en los últimos años han surgido espacios web especializados en tipos concretos de tareas potencialmente utilizables en el aula. Ejemplos en estadística son el “revelado lento de gráficos” (<https://slowrevealgraphs.com>), la sección de “¿qué pasa con este gráfico?” del NY Times (<https://www.nytimes.com/column/whats-going-on-in-this-graph>). También puede incluirse en esta categoría la web Gapminder (<https://www.gapminder.org/>) acerca de concepciones erróneas habituales y el software educativo open source Common Online Data Analysis Platform (CODAP), que facilita la realización de proyectos estadísticos.

A pesar de la existencia de estos recursos, sigue existiendo el problema de su integración en el desarrollo profesional de profesorado y el diseño “controlado” de propuestas didácticas efectivas y sostenibles. En otras palabras, la creación de nuevas infraestructuras didácticas asume a menudo ciertos gestos o actividades superestructurales, especialmente por parte del profesorado, que se suelen dar por supuestos. Por lo tanto, se hace necesaria una mediación, un puente, entre el profesorado generador de actividades superestructurales y las nuevas infraestructuras disponibles, por ejemplo, en forma de bancos de recursos.

3. El papel de las redes sociales y las comunidades de profesorado

Las redes sociales son plataformas digitales que facilitan la conexión e interacción entre usuarios mediante el intercambio de contenidos y la discusión de intereses comunes. Su aplicación en el ámbito educativo es un área de interés creciente en la investigación (Carpenter et al., 2016, Carpenter y Krutka, 2014; Hart y Steinbrecher, 2011; Luo et al., 2020). Entre estas plataformas, Twitter, ahora conocido como X, se distingue por su eficacia en promover la interacción y la difusión de información entre docentes. Desde su lanzamiento en 2006, permite a los usuarios publicar mensajes cortos, o "tweets", y fomentar el diálogo mediante menciones, hashtags y mensajes directos. Además, ofrece la posibilidad de enlazar mensajes en secuencias más largas, conocidas como "hilos".

En particular, Twitter ha demostrado ser una herramienta efectiva para el desarrollo profesional del profesorado de matemáticas, ayudando a superar el aislamiento profesional en que se ejerce la profesión en muchas ocasiones (Larsen, 2019; Larsen y Parrish; 2019). No en vano, un docente puede dar clase a “puerta cerrada” sin saber qué hacen los colegas en otros centros educativos o, incluso, en su propio centro. Una red como Twitter, en ese sentido, permite crear redes de apoyo y colaboración que, además, fomentan el aprendizaje informal.

El potencial de los hilos de Twitter ha recibido atención específica (Alsina y Rodríguez-Muñiz, 2021; Beltrán-Pellicer et al., 2023). Entre sus características, destaca el que permiten organizar y presentar la información de manera clara y concisa. Así, autores como Alsina y Rodríguez-Muñiz (2021) sugieren que los hilos pueden utilizarse para crear un relato o narrativa que ayude a los docentes a comprender y reflexionar sobre su práctica docente.

Hilos de estas características han dado lugar a experiencias de transferencia innovadoras, que persiguen como objetivo la creación de comunidades de docentes e investigadores en torno a intereses comunes, enfoques educativos o propuestas didácticas específicas. Es el caso de los grupos de Telegram “De la aritmética al álgebra” (<https://t.me/+cvKQXoyDrfAwZjdk>) y “Números racionales” (<https://t.me/+BBaYf0FZZlszYTc8>), de los que participan a día de hoy (abril de 2024) más de 600 personas. Estos grupos se originaron a partir de la actividad divulgadora de Beltrán-Pellicer en Twitter (<https://twitter.com/pbeltranp>) en torno a la didáctica de las matemáticas. En el primer caso, sobre la propuesta de Eva Cid acerca de la introducción

de los números enteros en un entorno algebraico (Cid, 2016); en el segundo, acerca de propuestas para el aprendizaje de los números racionales desde los significados de medida y cociente (Escolano, 2007) y proporcionalidad aritmética (Martínez-Juste, 2022).

Estas experiencias muestran cómo las redes sociales pueden aportar un entorno de discusión e intercambio de experiencias, dificultades y aportaciones, donde se estudian colectivamente las nuevas propuestas. El papel de los creadores de estas infraestructuras—sean investigadores o profesores innovadores—es crucial para su adaptación a las condiciones concretas de cada aula y para la construcción conjunta de los elementos superestructurales que permiten su implementación sostenible.

4. El caso del proyecto LabInquiry

Sabemos que el problema de la transferencia a la sociedad del conocimiento y resultados generados por la investigación no es un asunto fácil. Estamos lejos de trivializaciones en las que bastaría con “aplicar” a situaciones reales aquellos conocimientos generados y probados bajo condiciones particulares. Los gobiernos de muchos países, así como la Unión Europea, proponen, al lado de financiaciones a proyectos de investigación, ayudas llamadas “Prueba de concepto” cuyo objetivo es precisamente desarrollar el paso complejo que va desde el resultado de la investigación al producto o la propuesta—el “concepto”—apto para su difusión y comercialización (no necesariamente lucrativa). En el ámbito de la educación, algunos proyectos de Prueba de concepto, del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, abordan precisamente este proceso complejo de colaboración entre investigadores y docentes para que algunas propuestas generadas desde la investigación didáctica, e implementadas en condiciones particulares, puedan desarrollarse conjuntamente e implementar como actividades normalizadas en el aula.

El trabajo cooperativo es aquí clave para que las infraestructuras producidas por la investigación puedan ser adaptadas y desarrolladas (por profesores e investigadores) para poder ser efectivamente llevadas al aula. Pero, además, dichas infraestructuras requieren también nuevos desarrollos del saber profesional docente —nuevas superestructuras—a los que no se puede acceder únicamente desde la investigación, sino de la interacción entre la práctica profesional docente y la investigación.

LabInquiry es un ejemplo de proyecto de Prueba de concepto en educación que se está desarrollando en la actualidad en distintas universidades españolas, liderado por investigadoras de la Universitat de Barcelona, autoras de este trabajo. Su objetivo es, precisamente, desarrollar juntamente con equipos de docentes unos dispositivos didácticos nuevos, los *recorridos de estudio e investigación* (REI), asociados a la investigación por indagación y a las situaciones de aprendizaje. Los artículos de M. J. Freixanet y de J. Verbisck y coautores en este mismo número presentan ejemplos de estos dispositivos, mostrando la complejidad de su gestión y los nuevos gestos que requieren, tanto por parte del profesorado como del alumnado. En el ámbito de la Teoría Antropológica de lo Didáctico (Chevallard, 2013), se lleva trabajando más de 15 años en el diseño, implementación y análisis de los REI en la enseñanza secundaria y

universitaria, siempre impartidos por docentes que son, a la vez, investigadores en didáctica. Los retos que plantea su difusión han sido estudiados en diferentes investigaciones y requieren de este trabajo de colaboración.

La aparición de la propuesta de las situaciones de aprendizaje que promueve la actual reforma curricular nos ofrece una ocasión especial que requiere el desarrollo de una infraestructura didáctica adaptada. En el marco de este proyecto, hemos elegido, como REI pilotos, el caso de dos prototipos de situación de aprendizaje diseñados a partir de la propuesta teórica y metodológica de los *recorridos de estudio e investigación*. El primero, para la enseñanza secundaria, sobre seguridad de contraseñas y, el segundo, a nivel universitario, sobre el impacto de las zonas de bajas emisiones en algunas ciudades de Cataluña. Ambos prototipos se basan en la propuesta de los REI y persiguen generar la infraestructura y superestructura necesaria para la transferencia y difusión de propuestas educativas fundamentadas desde la investigación y avanzar en el análisis conjunto de las condiciones necesarias para su adaptación y supervivencia en distintas instituciones educativas. Por cuestiones de espacio, vamos a dar más detalles sobre el REI piloto en secundaria.

Este primer prototipo de REI parte de una cuestión inicial sobre la *seguridad de las contraseñas* (¿Por qué nos piden que incluyamos mayúsculas, minúsculas, cifras y caracteres especiales? Dadas ciertas condiciones para escribir una contraseña, ¿cuál de las posibles es más segura?). Para poder abordar esta cuestión escolar y socialmente tan relevante, la situación se inicia proponiendo el uso y estudio de distintos tipos de candados (con números, fechas, letras, direcciones, etc.) para tratar la cuestión sobre cuál de ellos es más seguro. El trabajo matemático que se genera, al describir y contabilizar el número de códigos que admite cada tipología de candado y el tiempo máximo que se tardarían en abrirse, sirve de base para estudiar posteriormente problemas de contar más complejos, como el caso de la seguridad de contraseñas.

Este primer REI piloto ha sido adaptado y experimentado en distintos centros de Secundaria, con 2º, 3º y 4º de la ESO, siendo guiado por equipo de docentes no investigadores. Para sus experimentaciones, el equipo de LabInquiry ha facilitado un *GoogleClassroom* con todo el material (para los docentes, los estudiantes, los observadores), adaptado de los materiales generados en investigaciones precedentes. El equipo de LabInquiry ha trabajado conjuntamente con los equipos de docentes para la adaptación de esta propuesta, en el nivel y entorno escolar particular de su centro. Este trabajo ha sido acompañado de, por un lado, una breve formación inicial sobre la propuesta de los REI y un acompañamiento de las dudas manifestadas y necesidades emergidas por el profesorado sobre el diseño y gestión de los REI. Y, por otro lado, se han creado medios para poner en contacto la comunidad educativa (docentes experimentadores, docentes interesados en futuras experimentaciones, especialistas e investigadores en didáctica de las matemáticas, entre otros) que, a través de reuniones periódicas con los equipos de docentes que han experimentado, junto con la creación de un grupo de *Telegram* (LABINQUIRY-Sec) se ha querido fomentar el intercambio de experiencias, dudas y cuestiones emergidas durante las experimentaciones.

Cabe destacar, para terminar, que, en el campo de la educación matemática, está emergiendo una línea de investigación sobre la implementación de estudios que ya ha dado lugar a una revista sobre el tema (*Implementation and Replication Studies in Mathematics*) y estudios sobre las herramientas y enfoques más apropiados para dicha implementación (Artigue, 2021). También la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (SEIEM), en su Agenda para la Acción 2023-2027, se ha marcado como ámbito de acción dirigido a la difusión y transferencia, en el que se incluye “promover la creación, evaluación y difusión de materiales y recursos, como una manifestación de la utilidad del conocimiento generado por la investigación a diferentes ámbitos prácticos de la educación matemática (formación de profesores, currículo, mejora de la enseñanza de las matemáticas, etc.)”. La investigación en didáctica de la matemática es consciente del papel crucial que pueden tener los proyectos de transferencia en la creación y consolidación de una cultura compartida entre los distintos agentes educativos. Y que esta cultura es indispensable para la cocreación y análisis de nuevas propuestas didácticas. Solo así podremos generar conjuntamente tanto las infraestructuras necesarias para la evolución de la enseñanza como las superestructuras que las hacen efectivas y sostenibles.

Referencias

- Alsina, Á. y Rodríguez-Muñiz, L.J. (2021). Hilos de estadística y probabilidad en Twitter: Una nueva herramienta para el desarrollo profesional del profesorado de matemáticas. *Educação Matemática Pesquisa*, 23(4), 21-53.
- Artigue, M. (2021). Implementation studies in mathematics education: What theoretical resources? *Implementation and Replication Studies in Mathematics Education*, 1(1), 21–52.
- Bargagliotti, A., Franklin, C., Arnold, P., Johnson, S., Perez, L., & Spangler, D. A. (2020). Pre-K-12 guidelines for assessment and instruction in statistics education II (GAISE II) (Second edition). American Statistical Association.
- Batanero, C. y Díaz, C. (2011). *Estadística con proyectos*. Departamento de Didáctica de la Matemática. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad de Granada.
- Beltrán-Pellicer, P., Martínez-Juste, S. y Muñoz-Escolano, J. M. (2023). Twitter y desarrollo profesional del futuro profesorado de matemáticas: Percepciones de uso e intereses. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 98(37.2), 187-206.
- Carpenter, J.P. y Krutka, D.G. (2014). How and Why Educators Use Twitter: A Survey of the Field. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(4), 414-434.
- Carpenter, J.P., Tur, G. y Marín, V.I. (2016). What do US and Spanish pre-service teachers think about educational and professional use of Twitter? A comparative study. *Teaching and Teacher Education*, 60, 131-143.
- Chevallard, Y. (2013). Enseñar Matemáticas en la Sociedad de Mañana: Alegato a Favor de un Contraparadigma Emergente. *REDIMAT*, 2(2), 161-182.

Cid, E. (2016). *Obstáculos epistemológicos en la enseñanza de los números negativos*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.

Escolano, R. (2007). *Enseñanza del número racional positivo en Educación Primaria: un estudio desde modelos de medida y cociente*. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.

Gascón, J., & Nicolás, P. (2017). Can didactics say how to teach? The beginning of a dialogue between the anthropological theory of the didactic and other approaches. *For the learning of mathematics*, 37(3), 9-13.

Hart, J. E. y Steinbrecher, T. (2011). OMG! Exploring and Learning from Teachers' Personal and Professional Uses of Facebook. *Action in Teacher Education*, 33(4), 320-328.

Larsen, J. (2019). *Mathematics teaching and social media: An emergent space for resilient professional activity*. Simon Fraser University.

Larsen, J. y Parrish, C.W. (2019). Community building in the MTBoS: Mathematics educators establishing value in resources exchanged in an online practitioner community. *Educational Media International*, 56(4), 313-327.

Luo, T., Freeman, C. y Stefaniak, J. (2020). “Like, comment, and share”—professional development through social media in higher education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 68(4), 1659–1683.

Martínez-Juste, S. (2022). *Diseño, implementación y análisis de una propuesta didáctica para la proporcionalidad en el primer ciclo de Secundaria*. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid.

NCTM (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. NCTM.