

& XXIX Semana
de la Educación



Francesc Pedró

Tecnología
para la mejora
de la educación
DOCUMENTO BÁSICO

Fundación **Santillana**

DOCUMENTO BÁSICO

Tecnología para la mejora
de la educación: experiencias de éxito
y expectativas de futuro

Francesc Pedró

Índice

1. Introducción	7
2. ¿Qué transformaciones necesita la escuela?	11
La necesaria transformación de la escuela	12
La tecnología, omnipresente	14
Cuando hablamos de tecnología, ¿de qué estamos hablando?	15
<i>Dispositivos</i>	15
<i>Servicios</i>	16
<i>Contenidos</i>	17
<i>Aplicaciones</i>	17
El potencial de la tecnología y la efectividad de su uso en el aula	18
La ambición transformadora de la educación: cambios de primer y de segundo orden	22
3. ¿Cómo está contribuyendo la tecnología a la transformación de la educación?	25
Mejorando cómo aprenden los estudiantes	26
1. <i>Aprendiendo activamente</i>	27
2. <i>Aprendiendo cooperativamente</i>	31
3. <i>Aprendiendo por medio de interacciones con retroalimentación</i>	33
4. <i>Aprendiendo a través de conexiones con el mundo real</i>	38
5. <i>La orquestación de los recursos didácticos y el papel crítico del profesor como activador del aprendizaje</i>	40
Ampliando el horizonte de lo que aprenden los estudiantes	45
<i>Competencias digitales</i>	45
<i>Ciencias: visualización, modelado y simulación</i>	50
<i>Matemáticas: anotaciones dinámicas y enlazadas</i>	52

<i>Aprender a programar para pensar mejor</i>	53
<i>Estudios sociales, lengua, artes y humanidades</i>	55
4. Conclusiones y recomendaciones	59
Factores críticos para promover el cambio pedagógico	59
1. <i>Promover el aprendizaje activo, interactivo y cooperativo . . .</i>	61
2. <i>Ofrecer una mayor personalización del aprendizaje.</i>	61
3. <i>Reformar el currículo para darle un enfoque competencial . .</i>	62
4. <i>Evaluar los aprendizajes de forma consistente con los objetivos</i>	62
5. <i>Adoptar una aproximación sistémica a la gestión del cambio pedagógico.</i>	63
6. <i>Desarrollar un liderazgo pedagógico potente</i>	64
7. <i>Apoyar a los profesores</i>	65
Implicaciones y recomendaciones.	69
5. Referencias bibliográficas.	73



Introducción

Una de las cuestiones educativas que mayor interés suscita es la de los usos de la tecnología. Este interés tiene un reflejo claro en las inversiones en tecnología realizadas en los últimos años para equipar a las escuelas y, en un número importante de países, directamente a cada estudiante, con el objetivo de transformar la enseñanza para hacerla más acorde con las crecientes expectativas sociales y económicas. Se trata, en definitiva, de sentar las bases para que los futuros egresados sepan cómo aprovechar las oportunidades de la sociedad del conocimiento y contribuyan como trabajadores al desarrollo económico de su comunidad y de su país. En este nuevo contexto globalizado, las competencias, empezando por las digitales, constituyen una nueva forma de capital de los individuos y de los países. Los gobernantes, pero también un número creciente de familias, son perfectamente conscientes de estos retos sociales y económicos y esperan que la modernización de la educación escolar contribuya a mejorar las oportunidades de las jóvenes generaciones, en buena medida gracias a un uso apropiado de la tecnología. Al tiempo, el acceso a la tecnología se está universalizando entre los jóvenes a un ritmo extremadamente rápido, lo cual influye también en sus expectativas, y en las de sus familias, acerca de la educación que esperan recibir.

Ha habido en este sentido numerosos estudios e investigaciones que en los últimos años han analizado las políticas tecnológicas en educación, particularmente desde la perspectiva de la equidad (Lugo, 2010; SITEAL, 2014; UNESCO, 2012, 2013; Vacchieri, 2013). Estos trabajos de análisis son y seguirán siendo muy importantes para diseñar mejores políticas que contribuyan decisivamente a facilitar las condiciones de acceso a la tecno-

logía en las escuelas, así como las competencias docentes. En cambio, son muy pocos los intentos de documentar y analizar las prácticas educativas con tecnologías que se traduzcan en mejoras significativas de los procesos y de los resultados de los aprendizajes y, en definitiva, que contribuyan a transformar la educación. Esto es precisamente lo que este documento intenta hacer, siguiendo la estela de varios trabajos previos igualmente auspiciados por la Fundación Santillana y, en particular, el publicado en 2012 bajo el título de *Tecnología y escuela: lo que funciona y por qué* (Pedró, 2012b).

El objetivo general de este documento es analizar las distintas formas en las que la tecnología está contribuyendo a la transformación de la educación, con un énfasis particular en Iberoamérica, los factores que explican el éxito y también los requerimientos para una generalización, así como las recomendaciones resultantes para políticos, directivos y docentes. Este análisis se circunscribe al periodo de la enseñanza obligatoria y se centra fundamentalmente en mostrar por la vía de ejemplos y experiencias de todo el mundo, debidamente validadas por los datos empíricos, cómo la tecnología permite desarrollar nuevas formas de enseñanza y aprendizaje; algo que ya está ocurriendo cada vez con mayor intensidad.

De todos es sabido que algunas escuelas obtienen resultados espectaculares con sus programas de integración de la tecnología, mientras que otras no experimentan más que frustración y decepción. Se requiere, por consiguiente, un enfoque centrado en la escuela con el fin de poner de manifiesto el papel de la dirección, de los estudiantes y de los profesores en el éxito o fracaso de estas iniciativas, intentar documentar cómo la tecnología posibilita cambios pedagógicos y, finalmente, establecer vínculos entre estos cambios y el rendimiento escolar de los estudiantes a partir de pruebas contrastadas.

El documento se estructura en cuatro partes. En primer lugar, se presenta una síntesis de los retos de la región en materia educativa, en cuyo marco se reflexiona sobre las necesidades sociales y económicas, la creciente penetración de la tecnología en la vida de los ciudadanos y, muy particularmente, de los jóvenes, así como sobre los avances en materia educativa en la región. Es en esta parte donde se empieza a esbozar la necesidad de una transformación pedagógica de la escuela. La segunda parte ahonda más en cómo debería ser semejante transformación y cuál es el papel que la tecnología podría tener para crear una ventana de oportunidad que la hiciera posible. La tercera parte presenta, a la luz de los hallazgos de la investigación, qué formas está tomando esta transformación pedagógica gracias a la tecnología, presentando ejemplos refrendados por datos de todo el mundo, aunque con particular referencia al ámbito iberoamericano. Una última parte resume las ideas fundamentales a título de conclusión y esboza igualmente las posibles implicaciones y recomendaciones para políticos, líderes escolares y profesores.

Lejos de dar por zanjada la cuestión, este documento de reflexión busca abrir nuevas perspectivas e informar el debate, eso sí, siempre a partir de los datos empíricos. Como

el eje fundamental del documento tiene que ver con un proceso que ya está en marcha, aunque en constante evolución, lo más probable es que sea efímero en cuanto a los datos, pero es de esperar que algunas de las ideas que contiene sean suficientemente inspiradoras como para que otros intentos futuros mejoren aún más nuestra comprensión del papel que la tecnología ya está jugando en la necesaria transformación de la educación y cómo sacar mayor partido de ella.

2

¿Qué transformaciones necesita la escuela?

Se ha dicho y repetido hasta la saciedad que si un profesor de finales del siglo XIX entrara hoy en un aula típica de una escuela se encontraría con que la mayoría de las cosas le serían muy familiares: la tiza y la pizarra, los pupitres o los libros de texto resultan tan comunes ahora como entonces. Sin embargo, no son muchos quienes parecen darse cuenta de que este mismo profesor decimonónico se sorprendería por las demandas de los currículos de hoy. Por ejemplo, hace apenas un siglo se esperaba de los estudiantes de secundaria poco más que fueran capaces de recitar textos famosos, relatar hechos científicos simples y resolver problemas aritméticos básicos. En Europa, por ejemplo, los sistemas estaban diseñados para que menos del 4% de los estudiantes aprendieran álgebra antes de completar la escuela secundaria. Pero hoy en día nuestras escuelas han evolucionado mucho y, por lo menos, en el terreno de las expectativas, se han revolucionado: en todo el mundo se espera que todos los estudiantes de secundaria sean capaces de leer y comprender una gran variedad de textos, en lugar de limitarse a memorizar unos pocos sin entenderlos, y que lleguen a ser competentes en la resolución de problemas de matemáticas, incluyendo por ejemplo álgebra, y mucho más: que apliquen la racionalidad científica a cualquier cuestión que se les plantee. Esta tendencia al aumento de las expectativas se ha venido acelerando debido a la explosión del conocimiento y a las crecientes demandas de los lugares de trabajo. Cada vez serán más los estudiantes que tendrán que aprender a navegar a través de grandes cantidades de información y a dominar el cálculo y otros temas complicados para participar plenamente en una sociedad cada vez más tecnológica. Así, aunque las herramientas básicas del aula (pizarras y libros) que dan

forma a cómo el aprendizaje se lleva a cabo no hayan cambiado mucho en el último siglo, las demandas sociales sobre lo que deben aprender los estudiantes han aumentado dramáticamente.

La necesaria transformación de la escuela

Existe consenso entre los analistas de políticas educativas acerca de que, para satisfacer estas demandas, será necesario repensar cómo los profesores diseñan y ejecutan los procesos de enseñanza y aprendizaje, y ayudarles a poner en práctica esa nueva visión. El debate se centra ahora en la identificación y la puesta en práctica de las reformas más apropiadas para dar salida a estas mayores exigencias en los currículos, la formación del profesorado, la evaluación de los estudiantes, la gestión y la administración, los edificios y su equipamiento (OREALC UNESCO, 2013). El papel que la tecnología puede o debe jugar dentro de este movimiento de reforma aún no está, sin embargo, muy bien definido: a medida que el desarrollo económico avanza y la riqueza crece, tanto muchos gobiernos como titulares de centros tienen mayor disponibilidad e interés por las aplicaciones tecnológicas, los contenidos digitales y los equipamientos que los soportan.

Sin embargo, da mucho que pensar que en el pasado innovaciones en la tecnología de los medios de comunicación, como la radio, la televisión, el cine y el vídeo, tan solo tuvieron efectos aislados y marginales sobre qué y cómo aprenden los estudiantes en la escuela, a pesar de su revolucionario potencial educativo. Del mismo modo, a pesar de que hoy la tecnología digital es una fuerza omnipresente y poderosa, tanto en la sociedad como en la economía, con muchos defensores de sus potenciales beneficios educativos, también es cierto que es cara, conlleva riesgos de mal uso y, al final, puede acabar teniendo tan solo efectos marginales sobre la calidad de la educación. Sin embargo, se han dedicado varios miles de millones de euros, tanto públicos como privados, a equipar a las escuelas con computadoras, tabletas y conexiones a Internet, y hay promesas de aún más fondos dedicados a este fin en el futuro, sin olvidar el gasto que las familias ya están realizando para equiparse y que se traduce en dispositivos que un número creciente de estudiantes, aunque no todos, tienen ya en sus manos o en sus bolsillos.

Como cada vez se han comprometido mayores recursos para llevar computadores y tabletas a las aulas, las familias, los responsables políticos, los titulares de centros y, singularmente, los profesores deben ser capaces de entender de qué manera la tecnología se puede utilizar más eficazmente para mejorar el aprendizaje del estudiante. Y pronto se llega a la conclusión de que esto solo puede hacerse a condición de que se transforme la enseñanza. Sin una transformación de la educación que se traduzca en más y mejores competencias para todos los estudiantes, difícilmente podrán aprovechar las oportunidades que ofrecen la sociedad y la economía del conocimiento. Se estima, por ejemplo, que mejorar la calidad de los recursos humanos de un país en un 10% en promedio puede conducir a un incremento de las tasas de crecimiento económico equivalente a 0,87 puntos de manera

permanente. Estudios de la OCDE indican que una mejora de un 5% en los resultados de las competencias de los estudiantes en matemáticas, lengua y ciencias permitiría incrementar los ingresos de la actual generación en un 25% a lo largo de toda su vida (Cabrol y Székely, 2012).

La pregunta de cómo mejorar la calidad de la educación admite muchas posibles respuestas. La mayoría de quienes tienen que tomar decisiones en este campo, incluyendo a los líderes escolares y a los propios docentes, se enfrentan a una diversidad de opciones, pero con poca información sobre cuáles son las políticas o las estrategias más adecuadas o las de mayor impacto en una circunstancia determinada (Aguerrondo y Lugo, 2010; Sunkel y Trucco, 2012). Pero parece emerger un consenso claro en la región sobre tres elementos importantes:

- **El concepto de la enseñanza como mera transmisión de contenidos debe dejar paso a nuevas metodologías que posibiliten el desarrollo de las competencias** de los estudiantes para operar sobre los contenidos. La definición más clara de competencia es la de un conjunto de capacidades o desempeños que integran conocimientos, habilidades y actitudes que los estudiantes ponen en juego en contextos específicos para un propósito determinado. En este sentido, la pregunta fundamental del currículo no es qué saben los estudiantes, sino más bien qué son capaces de hacer con lo que saben (*Partnership for 21st Century Skills Task Force*, 2007). Por consiguiente, tanto el currículo como los mecanismos de evaluación de los aprendizajes de los estudiantes deben reformarse en este sentido.
- **El pilar fundamental de la calidad educativa son las competencias profesionales docentes:** si los estudiantes no se encuentran en sus aulas con docentes capaces de generar mayores oportunidades de aprendizaje, no se producirá un genuino mejoramiento de la calidad educativa. Desgraciadamente, hay muchos indicios que sugieren que la situación predominante de la docencia en muchos lugares no es la deseable y, por consiguiente, el desafío del desarrollo docente es monumental: configurar una carrera profesional docente capaz de atraer a jóvenes con talento a la docencia, formar adecuadamente a los candidatos, retener en las aulas (especialmente en aquellos sectores más desaventajados) a los profesores competentes, y hacer del desarrollo profesional una necesidad y una exigencia con incentivos. Dado el carácter sistémico de todos estos procesos, es difícil avanzar en uno sin hacerlo en los demás. El desarrollo docente es, pues, el requerimiento básico si se quiere conseguir una verdadera transformación de la escuela.
- Con un profesorado competente y con las condiciones apropiadas, **el uso de la tecnología en educación permite crear entornos de enseñanza y aprendizaje que facilitan el desarrollo de las competencias** que la sociedad y la economía esperan hoy de los estudiantes. La formación de competencias, incluidas las digitales, es cada

vez más importante en el ámbito educativo como una necesidad para la inclusión en la sociedad del conocimiento: la tecnología no es tan solo un potente recurso para el aprendizaje, es una herramienta cada vez más relevante para la vida. Por consiguiente, el potencial de la tecnología no se refiere solo a la alfabetización digital, ya que puede ser utilizada para promover competencias modernas y mejorar el desempeño educativo de los estudiantes en todos los dominios.

Son muchas las voces que afirman que hasta bien recientemente las innovaciones basadas en la tecnología «las han antepuesto a la pedagogía de la misma forma que han primado la fascinación por encima de la evidencia» (Higgins *et al.*, 2012). Dicho de otro modo, la transformación de la educación no llegará de la mano de más tecnología, sino más bien de una reconsideración de las formas de enseñanza y aprendizaje que la tecnología puede facilitar e incluso darle alas. Y esto es difícil que suceda sin más a escala de sistema. Esto explica por qué es tan difícil responder a la pregunta de qué sistema educativo o qué país pueden ser considerados modélicos en este ámbito: sencillamente, porque todavía no se dan las condiciones apropiadas a nivel de sistema para que las nuevas pedagogías puedan encarnarse en prácticas mayoritarias. Por esto también es frecuente concluir que los mejores ejemplos de innovaciones digitales se refieren siempre a casos puntuales que difícilmente pueden ser representativos del conjunto de los centros escolares de un país, aunque son extremadamente útiles porque muestran posibles avenidas para una transformación sistémica (Fullan y Donnelly, 2013).

La tecnología, omnipresente

Tanto el acceso a las tecnologías de la información y de la comunicación como el dominio y el uso adecuado de las mismas resultan fundamentales para el desarrollo económico y social, puesto que se trata de herramientas que, cuando son usadas apropiadamente, fomentan el crecimiento económico, posibilitan la innovación y capacitan a las personas con las competencias que el mercado laboral demanda. Los jóvenes son usuarios privilegiados de la tecnología con multitud de finalidades, pero al mismo tiempo necesitan ser acompañados para ir más allá de los usos meramente recreativos y sociales y desarrollar las competencias en términos de formación y de capacidad de aprendizaje autónomo.

En este contexto, un elemento de vital importancia relacionado con los factores del acceso y las habilidades para las TIC es el impacto de la telefonía móvil. Los teléfonos móviles y, específicamente, los *smartphones* o teléfonos inteligentes son actualmente uno de los canales preferidos por los jóvenes para acceder a Internet en la región y en todas partes. Sin embargo, su alcance no se restringe al simple acceso, pues estos dispositivos se han convertido en recursos ubicuos con importantes impactos sobre los comportamientos sociales, el consumo cultural e incluso en la forma en que los jóvenes se relacionan con los contenidos y las tareas escolares. No solo la proliferación de los teléfonos móviles, sino más en general de los dispositivos móviles como las tabletas, son indicativos de la

transformación tecnológica y cultural que algunos han dado en llamar el «complejo (ecosistema) móvil» (Pachler, Pimmer y Seipold, 2011).

Todas estas cifras muestran que el uso de la tecnología no deja de crecer, pero al hacerlo también puede acrecentar nuevas brechas. El acceso a estas nuevas tecnologías en el hogar está fuertemente condicionado por el nivel socioeconómico de las familias, por lo que el sistema escolar ha sido la principal herramienta para reducir esta brecha tecnológica, aunque ciertamente esta continúa siendo muy relevante en la mayoría de los países. Esto es particularmente importante cuando se examinan las diferencias de género: en algunos sectores en situación de pobreza y en zonas rurales, las mujeres jóvenes y niñas pueden tener un acceso más limitado a las tecnologías de uso público (por ejemplo, cabinas públicas), de modo que la escuela puede convertirse en un lugar central para compensar estas desigualdades. Además de continuar equipando con tecnología las escuelas donde se educan quienes no pertenecen a los sectores privilegiados, el desafío futuro es cómo lograr que –más allá del uso recreativo– los estudiantes les den un uso con potencial educativo; esto supone capacitar mejor a los docentes para incorporar a sus prácticas de enseñanza estas nuevas tecnologías.

Por consiguiente, en este parque creciente de equipamientos, conectividad y uso de la tecnología la educación dispone de una formidable palanca para el crecimiento económico y social, que empieza a estar ya disponible en los bolsillos de muchos estudiantes y en multitud de centros escolares. El uso de la tecnología en la educación es una cuestión fundamental para la capacitación, la generación de competencias y la posibilidad de acceso a empleos más cualificados. La cuestión, que se aborda en las siguientes páginas, es cómo posibilitar una necesaria transformación de la educación que permita optimizar el uso de la tecnología en el contexto de las nuevas demandas educativas y de los retos todavía pendientes.

Cuando hablamos de tecnología, ¿de qué estamos hablando?

A día de hoy, el significado que se otorga a la expresión «tecnología» en educación cubre en realidad una amalgama de dispositivos, servicios, contenidos y aplicaciones digitales. Los más importantes se describen brevemente a continuación.

Dispositivos

Una de las características más sobresalientes del panorama de los dispositivos utilizados en la educación escolar es su carácter multiforme. Actualmente, limitarse a identificar la tecnología con computadores es en realidad mantener una visión anclada en el siglo XX. Aunque los dispositivos predominantes en la mayoría de las escuelas siguen siendo los computadores de sobremesa, son muchos los países que cuentan con iniciativas de distribución masiva de computadores portátiles, que cada vez más tienden a ser sustituidos

por tabletas. No hay que olvidar, por otra parte, que un número creciente de familias en esos mismos países están equipando a sus hijos con dispositivos como los anteriores, pero cada día más también con teléfonos inteligentes (M. Madden *et al.*, 2013; Pedró, 2012a).

Aparte de estos dispositivos, otro emergente en el contexto escolar es la pizarra interactiva, probablemente la que ha sido capaz de penetrar con mayor facilidad en las aulas de los centros escolares desde la educación infantil hasta la universitaria y no solo en los países desarrollados. Esta pizarra, conectada a un computador, permite el fácil uso de recursos interactivos y multimedia por parte del docente. Las razones de su éxito son fundamentalmente dos. Por una parte, es una tecnología amable con los modelos tradicionales de docencia porque respeta y refuerza el papel central del docente y no le exige un cambio sustancial en sus formas de enseñanza, al tiempo que le permite acceder a una mayor variedad de recursos digitales. Por otra parte, su coste es relativamente bajo, pues según los países su adquisición significa un desembolso que suele ser menor al equivalente de dos computadores de sobremesa y su ritmo de obsolescencia es más bajo. Su crecimiento ha sido espectacular sobre todo en los Países Bajos, países nórdicos y el Reino Unido. Sus detractores afirman que consolida un paradigma tradicional de la enseñanza, alejado de los presupuestos constructivistas, porque no deja de ser en definitiva otra pizarra.

Por consiguiente, los dispositivos dibujan un panorama complejo, donde emergen cada vez con más fuerza dos características distintivas: el carácter personal del dispositivo, por una parte, y su movilidad implícita, por otra. Ya no son solo las escuelas las que se equipan, sino también los propios estudiantes. Y es la convergencia de unos y otros lo que parece llevar a más centros escolares, e incluso gobiernos, a pensar en alternativas tecnológicas en educación que sean independientes del tipo de dispositivo o del sistema operativo utilizado, en lo que se ha dado en llamar la tendencia hacia el BYOD (*Bring Your Own Device*, que en el contexto educativo se podría traducir por «Usa –en la escuela– tu propio dispositivo»).

Servicios

El principal servicio digital en el mundo educativo es la conectividad. Las formas contemporáneas de uso de la tecnología, tanto en educación como en la vida privada, exigen una buena conectividad. A pesar de que se han realizado grandes esfuerzos públicos para dotar a los centros escolares de banda ancha, la situación es extremadamente dispar y con un gran rezago con respecto, por ejemplo, a Europa, donde la banda ancha para uso educativo es universal en muchos países y a veces gratuita para los centros. También Estados Unidos presenta un gran retraso en este ámbito con respecto a Europa, con distritos que cuentan velocidades de acceso a la red tan bajas que no permiten, por ejemplo, el visionado de vídeos.

Contenidos

Los dispositivos conectados permiten no solo comunicar, sino también acceder a contenidos, adaptarlos, compartirlos o crear otros nuevos, siempre digitales. Por esta razón, tanto profesores como estudiantes pueden ser considerados «prosumidores» potenciales: porque la tecnología les permite consumir y también producir contenidos.

La proliferación de contenidos digitales en la red crece a ritmos exponenciales y, por esta razón, en educación conviene distinguir entre contenidos sin más (por ejemplo, cualquier página web en la red o un sitio de vídeos) y recursos didácticos, que son los contenidos digitales una vez que han sido seleccionados y orquestados para un proceso didáctico. Así, cuando los recursos digitales dan apoyo o complementan los libros de texto y los recursos generados por los propios profesores en soportes tradicionales, se exige una orquestación apropiada a los objetivos didácticos y a las características de los estudiantes.

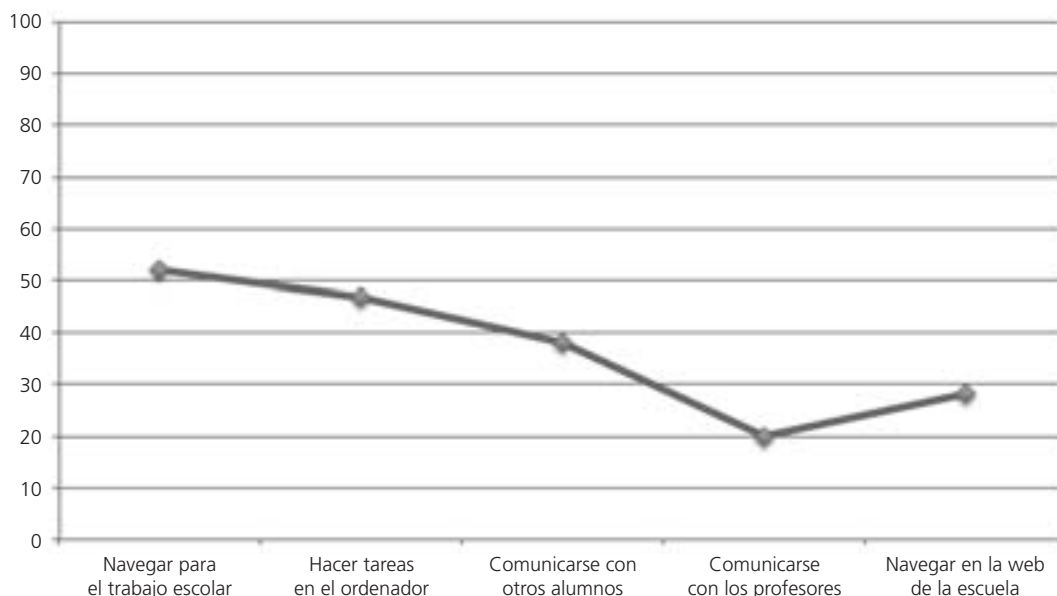
Hay muchas discusiones abiertas sobre la naturaleza de estos recursos, distinguiendo entre los que son abiertos, y permiten adaptaciones, y los que son cerrados, o entre los que son de acceso totalmente gratuito o los que son de pago, lo que ha llevado a la aparición de múltiples licencias de uso. Pero la naturaleza de un objeto digital (por ejemplo, que sea libre o no) no lo hace más o menos apropiado para un uso didáctico, aunque parece claro que aquellos contenidos digitales que son diseñados específicamente por profesionales para un uso didáctico siempre tendrán mayores garantías de calidad, tanto si son ofertados por empresas como si proceden de comunidades de profesionales docentes, sean o no gratuitos.

Aplicaciones

La historia del impacto de la tecnología en la vida cotidiana acredita que, hoy por hoy, las personas invierten en dispositivos y servicios porque, además de estar conectados para comunicarse, quieren aplicarlos a fines concretos, de ahí el nombre que se da hoy a los programas. Los estudiantes, en particular, utilizan fundamentalmente aplicaciones para compartir contenidos y comunicarse en formas múltiples a través de las redes sociales. Y tanto estas como las aplicaciones didácticas tienen un gran potencial en educación.

Además, están las plataformas digitales, aplicaciones informáticas que permiten la ejecución integrada y relacionada de una serie de tareas vinculadas, por ejemplo, con la administración escolar, el seguimiento de los expedientes de los estudiantes, la comunicación con las familias y, por supuesto, el trabajo escolar. La idea es extender la presencia de la escuela más allá de los horarios y de las paredes del aula gracias a la tecnología, a la vez que se utiliza su potencial para mejorar la gestión del centro desde una perspectiva global. Esto explica su adopción universal en centros universitarios y creciente en los de enseñanza secundaria y primaria. Así, desde su propia casa, los estudiantes pueden continuar realizando actividades, incluso de carácter cooperativo, utilizando la plataforma

Figura 1. Usos escolares de la tecnología en el hogar de los estudiantes de los países de la OCDE que la usan por lo menos una vez por semana (2012)



Fuente: Base de datos PISA de la OCDE, 2014.

común, desarrollar ejercicios e incluso enviar sus tareas a los docentes. De hecho, el gráfico siguiente muestra lo que, en materia de usos escolares de la tecnología en el hogar, hacen los estudiantes promedio en los países de la OCDE.

El potencial de la tecnología y la efectividad de su uso en el aula

Estas oportunidades emergentes, aunadas con un alumnado cuya vida cotidiana es, en cierta forma, dependiente de la tecnología, son ventanas abiertas al cambio. Pero ¿cómo? Una de las imágenes caricaturescas más difundidas de la tecnología en educación representa a un computador que sustituye al docente, ofreciendo automáticamente la información a los estudiantes, quienes tienen que asimilarla, realizar ejercicios y responder a cuestiones factuales que el computador les plantea hasta que demuestran que han aprendido la lección y consiguen así pasar a la siguiente unidad didáctica. Semejante imagen ha servido durante años para negar la competencia de los docentes y su valor en los procesos de enseñanza y aprendizaje, aunque, como muy acertadamente afirmó Arthur C. Clarke (1917-2008), el conocido autor de *2001, una odisea en el espacio*: «cualquier maestro que pueda ser remplazado con éxito por un computador, merece

serlo». Ciertamente, las versiones más primerizas de la enseñanza asistida por computador se estructuraron de forma muy parecida a libros de ejercicios electrónicos por cuyas pantallas transitaban los estudiantes de una forma más bien pasiva, tal y como prescribía un currículo orientado a la transmisión de conocimientos. Por mucho que parezca risible pedagógicamente hablando, esta aproximación ha persistido y sigue teniendo aceptación entre quienes defienden que el principal objetivo de la educación escolar es la transmisión de conocimientos, y se continúa practicando en aquellos casos en los que hay que entrenarse para pasar un examen centrado exclusivamente en los conocimientos o en habilidades muy simples, como en la prueba teórica que hay que superar con el fin de obtener el permiso para conducir automóviles.

Por regla general, en entornos escolares, todos estos esfuerzos han llevado a resultados más bien pobres, particularmente cuando el énfasis del currículo ya no está solo en los conocimientos, sino en las competencias, no solo digitales, algo mucho más complejo de aprender y desarrollar e igualmente de evaluar, pero cada vez más importante en los currículos escolares (Sunkel, Trucco y Espejo, 2014). Ciertamente, se ha acreditado en algunos casos que el uso de la tecnología para asistir al aprendizaje exclusivo de contenidos puede conseguir que los estudiantes que se entrenan correctamente obtengan mejores resultados en pruebas que tienen las mismas características y el mismo formato de los ejercicios en los que se han entrenado. Pero, en la mayoría de los casos, los resultados obtenidos son prácticamente los mismos que los de los restantes estudiantes que fueron objeto de enseñanza directa por parte de docentes durante el mismo periodo de tiempo. Por ejemplo, un estudio reciente utilizó métodos experimentales para evaluar el impacto de una amplia variedad de aplicaciones para un aprendizaje de las matemáticas y la lectura basado en el principio de la enseñanza asistida por computador en 132 escuelas, con una muestra de más de 9.400 estudiantes (Berlinski, Busso y Cristia, 2013). Y el resultado fue que no se encontró una diferencia significativa en las puntuaciones de los estudiantes que habían utilizado estos programas en comparación con los estudiantes que no los habían utilizado. Otro amplio estudio, que aplicó igualmente métodos experimentales para evaluar la efectividad de la exposición de los estudiantes a un programa de computador basado en el método fónico, tampoco pudo encontrar ningún efecto en términos de ganancia en las pruebas de comprensión lectora (Borman, Benson y Overman, 2009).

Los estudios realizados sobre la efectividad de la tecnología en el aula a menudo han dado resultados mixtos o poco concluyentes, por lo que es difícil generalizar sobre el impacto global de la tecnología en la mejora del aprendizaje. No hay muchas pruebas concluyentes acerca del impacto de las innovaciones en la mejora de los aprendizajes de los alumnos o de su eficiencia, es decir, de las ganancias obtenidas en relación con los esfuerzos e inversiones realizadas. Los metaanálisis más robustos, como el de Higgins *et al.* (2012), no terminan de acreditar un vínculo directo entre el uso de la tecnología y los resultados escolares, como no podía ser de otra forma. Y los análisis comparativos de in-

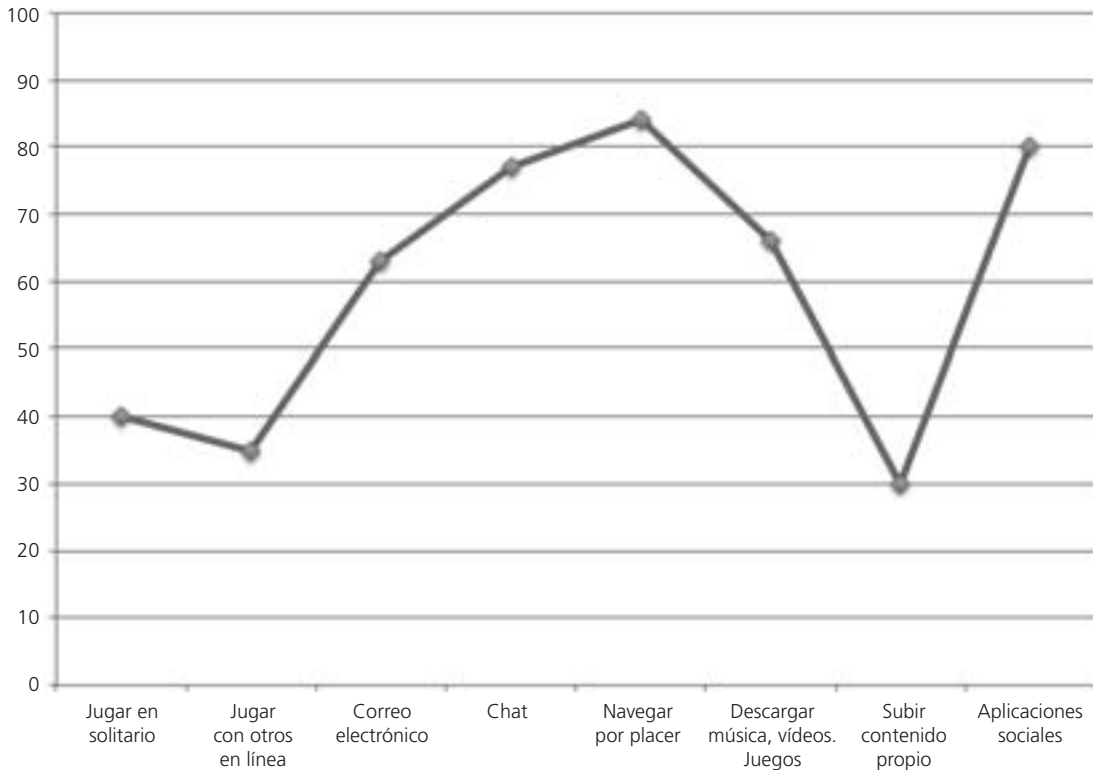
novaciones educativas con tecnología siempre previenen a los lectores de las dificultades encontradas para examinar no los detalles de su diseño pedagógico o tecnológico, sino más bien su impacto sobre el aprendizaje (Luckin *et al.*, 2012).

En realidad, la pregunta correcta no es cuál es el impacto de la presencia de la tecnología en los resultados del aprendizaje, sino cuál es el impacto de aquellos diseños de los procesos de enseñanza y aprendizaje en los que la tecnología es un soporte ineludible. Formulada así la pregunta, los resultados parecen mucho más claros. Por ejemplo, en uno de los pocos estudios a gran escala llevados a cabo en Estados Unidos se encontró que algunos de los enfoques didácticos para el uso de la tecnología educativa para aumentar la comprensión de las matemáticas a los estudiantes de cuarto y octavo grado eran eficaces, mientras que otros no lo eran, sino todo lo contrario (M. Dynarski *et al.*, 2007). Más concretamente, cuando las aplicaciones se utilizaron para animar a los estudiantes a razonar profundamente acerca de las matemáticas se comprobó un aumento de los logros de aprendizaje, mientras que, cuando las aplicaciones que eran usadas simplemente para permitir la práctica repetitiva de habilidades de una forma más entretenida para los estudiantes, en realidad parecían disminuir el rendimiento: era como si los estudiantes se distrajeran por causa de la tecnología. Todo ello es consistente con la metaevaluación de más de 800 estudios distintos realizada por Hattie y que concluye que el impacto más grande acontece cuando la tecnología se usa para trabajos en pequeños grupos y para *feedbacks* remediadores o preventivos, y no para la simple utilización de Internet para realizar búsquedas (Hattie, 2009).

Tres razones principales contribuyen a estos resultados mixtos. En primer lugar, el equipamiento, las aplicaciones y los contenidos empleados varían entre las escuelas, e incluso hay una gran disparidad en la forma en que las escuelas utilizan la tecnología, por lo que la falta de resultados uniformes no es sorprendente. En segundo lugar, el uso exitoso de la tecnología siempre va acompañado de reformas simultáneas en otros aspectos como el currículo, la evaluación y el desarrollo profesional de los docentes, por lo que las ganancias en el aprendizaje no se pueden atribuir exclusivamente al uso de la tecnología, y menos aún a su sola presencia. Y tercero, los estudios longitudinales con metodologías rigurosas que podrían documentar los efectos aislados de la tecnología son caros y difíciles de aplicar, por lo que raramente se han llevado a cabo.

El sentido común, lo mismo que los estudios de evaluación, indican que cuanto mayor sea el uso de la tecnología mayor será el retorno de la inversión desde un punto de vista financiero. Pero lo verdaderamente importante aquí es el retorno pedagógico y, en este sentido, puede afirmarse que el uso diario de la tecnología es un buen indicador de la persistencia del cambio pedagógico. Se ha demostrado, por ejemplo, que si un estudiante pasa solo 30 minutos a la semana trabajando con tecnología, el máximo beneficio en términos de productividad de aprendizaje será inferior al 2%. Sin embargo, en las escuelas que adoptan la modalidad 1 a 1 y donde cada estudiante usa diariamente su

Figura 2. **Estudiantes de 15 años de edad de los países de la OCDE que usan la tecnología en la escuela por lo menos una vez a la semana, por tipo de uso (2012)**



Fuente: Base de datos PISA de la OCDE, 2014.

dispositivo para desarrollar actividades de aprendizaje, la productividad mejora entre el 51% y el 63% (Bebell y O'Dwyer, 2010).

Desafortunadamente, muchas escuelas que disponen de la tecnología para hacer posible la modalidad 1 a 1 muestran en realidad una baja intensidad de uso: en Estados Unidos, el 40% de las escuelas equipadas bajo la modalidad 1 a 1 reportan que sus estudiantes no utilizan la tecnología diariamente, y lo mismo parecen acreditar algunas de las evaluaciones de las iniciativas 1 a 1 en América Latina (Arias Ortiz y Cristia, 2014). La gráfica siguiente muestra en este sentido los principales usos escolares de la tecnología en la escuela, indicando en cada caso el porcentaje de estudiantes de 15 años de edad de los países de la OCDE que los lleva a cabo por lo menos una vez por semana.

Este es un hallazgo que puede parecer sorprendente, pero hay múltiples razones que podrían explicarlo, por ejemplo:

- Algunas escuelas se encuentran sumidas en una iniciativa 1 a 1 que les ha sido impuesta desde arriba. Estas escuelas no tienen una masa crítica de profesores comprometidos con los cambios pedagógicos que esta modalidad permitiría.
- En muchas escuelas los profesores no tienen niveles adecuados de desarrollo profesional.
- Muchas escuelas cuentan con los equipos, pero no con las aplicaciones que necesitarían. Con frecuencia reciben una dotación estándar, independientemente de sus necesidades.
- Los dispositivos se utilizan meramente para actividades ofimáticas, no de aprendizaje. Por ejemplo, a los estudiantes se les puede pedir que usen sus dispositivos para visitar una página web y luego escribir un informe de dos páginas a mano sobre papel o sobre un procesador de textos.
- El uso del computador está limitado al uso de herramientas ofimáticas tales como procesadores de texto o navegadores web, pero con limitaciones. Hay una ausencia de usos más complejos.

Es así como fácilmente se llega a la conclusión de que una aplicación pedagógica adecuada es la base para desplegar con éxito la tecnología en las escuelas, independientemente de cuál sea el número de estudiantes por computador.

La ambición transformadora de la educación: cambios de primer y de segundo orden

En este sentido, resulta muy útil la distinción que Cuban hizo años atrás entre cambios pedagógicos de primer y de segundo orden, porque ayuda a entender mejor cuál es el verdadero valor añadido de la tecnología en educación, más allá de posibilitar que los estudiantes aprendan sobre tecnología o programación (Cuban, 1988). La diferencia entre el primer y el segundo orden radica en la profundidad de los cambios: mientras que los de primer orden no modifican sustancialmente los procesos, los de segundo orden permiten transformarlos radicalmente. Un par de ejemplos ayudarán a clarificar esta distinción.

Un cambio de primer orden ocurre cuando la incorporación de una nueva tecnología permite mejorar los procesos que soporta, sin modificarlos radicalmente. Un ejemplo escolar claro es la sustitución del uso de las pizarras individuales por parte de los estudiantes por lápiz y papel, algo que aconteció algo más de un siglo atrás y que, por desgracia, todavía no se ha producido en algunos de los países menos desarrollados del mundo. Las ventajas del lápiz y papel sobre la pizarra individual para tomar anotaciones son múltiples y van desde la persistencia y la durabilidad hasta la limpieza. También es posible pensar que, habida cuenta de las mejoras introducidas por el lápiz y el papel, los docentes cambiaran en algo sus formas de enseñar o las características de los trabajos que han de realizar los

estudiantes. Más allá, aunque sea imposible de medir a estas alturas, es incluso posible pensar que los aprendieran más y mejor con este sistema en el límite de lo que dieran de sí las competencias de sus profesores. Pero el orden de magnitud de los cambios no permite para nada hablar en este caso de una transformación de la metodología docente, ni en los procesos de enseñanza ni en los del aprendizaje.

Un cambio de segundo orden se produce cuando se modifican radicalmente los procedimientos, transformándose: se pueden llegar a hacer cosas muy distintas, con distintos beneficios igualmente. Tómese el ejemplo de los libros o manuales escolares. Aunque los primeros, muy rudimentarios, empezaron a circular en Europa en el siglo XVII, su progresiva generalización no llegaría hasta el siglo XX y aún hoy existen escuelas donde no todos los estudiantes cuentan con ellos. Que cada estudiante en un aula tenga su propio manual escolar permite por vez primera que el docente pueda proponer a los estudiantes actividades radicalmente distintas (como leer un fragmento en silencio o subrayar las palabras desconocidas) que no podría haber llevado a cabo sin los manuales. Es más, si en un aula contemporánea desaparecieran para siempre los manuales escolares, los profesores tendrían que rediseñar completamente los procesos de enseñanza y aprendizaje. He ahí la prueba de que se trata de un cambio de segundo orden, verdaderamente transformador.

¿Qué ocurre cuando esta definición de la magnitud de los cambios pedagógicos se aplica al caso del uso de la tecnología en el aula? La esperanza y la ambición es que haga posibles cambios que transformen la metodología pedagógica (Carneiro, Toscano y Díaz, 2009), es decir, cambios de segundo orden, pero la realidad es terca y muestra que en demasiados casos no se sobrepasan los límites del cambio de primer orden: son la misma pedagogía, las mismas estrategias y prácticamente las mismas actividades.

En consonancia con lo que sugiere el sentido común, la prueba empírica permite concluir que invertir en tecnología educativa para seguir haciendo lo que puede hacer igualmente un docente por sí solo, sin ningún soporte tecnológico, no merece la pena (Greaves, Hayes, Wilson, Gielniak y Peterson, 2012). Puede que tenga un aura de mayor modernidad, pero utilizar la tecnología para hacer lo mismo que se haría sin ella no permite avanzar hacia una mayor calidad de la educación: es hacer lo mismo de siempre, pero gastando más. Es posible incluso que los resultados sean peores que cuando el docente empleaba tecnologías y recursos más acordes con su visión de la enseñanza.

En conclusión, hoy los estudiantes necesitan aproximaciones pedagógicas acordes con las necesidades y las expectativas sociales y económicas de sus países. Ya no basta con que aprendan contenidos, tienen que desarrollar las competencias que les permitirán poner en valor esos contenidos. Y esto solo se puede conseguir con una transformación de la enseñanza.

3

¿Cómo está contribuyendo la tecnología a la transformación de la educación?

Aunque hoy la investigación tan solo puede apoyar conclusiones más bien limitadas sobre la eficacia global de las inversiones en tecnología para mejorar la educación escolar, los estudios realizados hasta la fecha sugieren que ciertos usos pueden mejorar el aprendizaje de los estudiantes a condición de transformar las prácticas de enseñanza y aprendizaje. Las siguientes secciones destacan varias posibilidades prometedoras para mejorar qué y cómo aprenden los estudiantes. El «cómo» y el «qué» están separados, porque la tecnología no solo puede ayudar a los estudiantes a aprender mejor las cosas, sino que también puede ayudar a aprender otras cosas, en particular pasando de la mera adquisición de contenidos al desarrollo de competencias. Así, por ejemplo, en términos de expectativas de mejora del aprendizaje de las matemáticas, el «cómo» aborda el problema de la necesidad de mejorar el aprendizaje para conseguir aumentar así del 70% al 100% el porcentaje de estudiantes que saben cómo resolver problemas de álgebra. El «qué», por otra parte, aborda el problema de si es posible que la gran mayoría de los estudiantes vayan más allá del álgebra para aprender cálculo, un tema que en el marco de una enseñanza tradicional es a todas luces inalcanzable para la mayoría de los estudiantes.

Sobre la base de los resultados de investigación existentes, la prueba más fuerte en este ámbito tiende a centrarse en las aplicaciones para ciencias y matemáticas en primaria superior y secundaria, es decir, para estudiantes de edades comprendidas entre los 10 y los 16 años, aproximadamente (Wu *et al.*, 2013). Esta prueba se aplica generalmente

por igual a alumnos y alumnas. En el futuro, tal vez la investigación encuentre ganancias igualmente significativas para los cursos de primaria inferior, en las restantes áreas del currículo o más en detalle según el género o la edad de los estudiantes. Las secciones que siguen a continuación se basan en resultados contrastados de la investigación hasta la fecha y, a pesar de que se consideran usos pedagógicos y aplicaciones prometedoras en una amplia variedad de áreas disciplinarias, las de ciencias y matemáticas son aquellas más destacadas.

Mejorando cómo aprenden los estudiantes

En efecto, hay aproximaciones pedagógicas que parecen haber dado mucho mejores resultados, particularmente cuando se busca transitar desde un modelo de enseñanza centrado en los contenidos a otro enfocado hacia el desarrollo de competencias, a condición de que exista un diseño pedagógico con cambios de segundo orden. En este sentido, cada vez resulta más evidente que el rediseño pedagógico que se exige solo se puede llevar a cabo si se utilizan a fondo las posibilidades de la tecnología. En efecto, hay cada vez más pruebas empíricas que permiten ya identificar bajo qué aproximaciones pedagógicas soportadas por la tecnología sí es posible conseguir resultados significativamente superiores a metodologías que no incorporan sustantivamente la tecnología (Arias Ortiz y Cristia, 2014).

Un importante logro científico del siglo XX fueron los grandes avances en la comprensión de la cognición, es decir, los procesos mentales del pensamiento, la percepción y el recuerdo, y su reflejo neurológico, que han dado lugar ya en el siglo XXI a un mayor desarrollo de las denominadas ciencias del aprendizaje. Así, no estará de más recordar que la investigación cognitiva ha demostrado que el aprendizaje es más eficaz cuando están presentes cinco características fundamentales:

1. La participación activa del estudiante.
2. El aprendizaje cooperativo.
3. La interacción frecuente con retroalimentación.
4. Las conexiones con el mundo real.
5. El papel del profesor como orquestador de los recursos y referencial para los estudiantes.

Curiosamente, algunos de los pioneros en la investigación de las ciencias del aprendizaje también están siendo pioneros en la exploración de cómo las tecnologías pueden contribuir a transformar los diseños pedagógicos. Estas conexiones no son coincidencia. Cuando los científicos han empezado a comprender mejor las características fundamentales del aprendizaje, se han dado cuenta de que la estructura y los recursos de las aulas tradicionales a menudo ofrecen muy poco apoyo para el aprendizaje eficaz de cada estudiante, mientras que la tecnología –cuando se utiliza eficientemente– puede posibilitar

formas de enseñanza que están mucho mejor adaptadas a la forma en que los estudiantes aprenden.

1. Aprendiendo activamente

La investigación ha acreditado que los estudiantes aprenden mejor cuando participan activamente en «la construcción de» su conocimiento por medio de una combinación de experiencia directa, interpretación personal e interacciones estructuradas con sus otros compañeros y con el profesor. Cuando se colocan en el rol relativamente pasivo de limitarse a recibir información que les llega por medio de lecciones y de la lectura de los libros de texto (el modelo de «transmisión»), a menudo no logran desarrollar la comprensión suficiente para aplicar lo que han aprendido a situaciones fuera de sus textos y de las aulas, algo que el Programa PISA de la OCDE ha puesto reiteradamente de manifiesto. Además, los estudiantes tienen diferentes estilos de aprendizaje. El uso de métodos de enseñanza y aprendizaje que vayan más allá de las lecciones y de los libros de texto puede ayudar a conseguir que los estudiantes aprendan mejor a partir de una combinación de recursos adecuadamente orquestados por el profesor.

Las distintas teorías contemporáneas del aprendizaje difieren entre sí en algunos detalles, pero los reformadores de la educación parecen estar de acuerdo con los teóricos y los expertos en que, para mejorar el aprendizaje, se debería prestar más atención a cómo conseguir que los estudiantes participaran activamente en el proceso de aprendizaje, algo que tiene que ver también con la cuestión del creciente desapego, desafección o desconexión de la escuela que muchos jóvenes experimentan. Actualmente se espera que los marcos curriculares faciliten y promuevan que los estudiantes tengan un papel activo en la resolución de problemas, particularmente por medio del análisis de la información, la investigación de soluciones alternativas en equipo y una comunicación efectiva de los resultados: un conjunto de competencias que van mucho más allá de la simple enumeración de las respuestas correctas en una prueba de elección múltiple.

Para empezar, la investigación es concluyente con respecto al hecho de que los estudiantes aprenden más cuando utilizan la tecnología para crear nuevos contenidos por sí mismos, en lugar de ser los meros receptores de contenidos diseñados por otros (Bakia, Murphy, Anderson y Trinidad, 2011). Un cierto número de estudios ha puesto de manifiesto que los estudiantes demuestran un mayor compromiso, más autoeficacia, mejores actitudes hacia la escuela y un mejor desarrollo de competencias cuando están comprometidos con proyectos de creación de contenidos, lo que les permite aplicar lo que están aprendiendo. Esta complementación es importante para que la actividad no se limite simplemente a realizar una producción vistosa, pero sin comprensión, porque en última instancia comprender es ser capaz de *pensar y actuar de forma flexible* con lo que se está aprendiendo (Wiske, 1997). Entre otras posibilidades, esto incluye la participación en la creación de contenidos multimedia para comunicar ideas sobre la materia que están

estudiando, la redacción de informes con representaciones gráficas de los datos que han investigado, el desarrollo de sitios web, la preparación de presentaciones, la producción de vídeos a partir de los teléfonos móviles, la narrativa digital y otras muchas posibles actividades.

Aunque el aprendizaje activo se podría integrar en las aulas con o sin tecnología, lo cierto es que hoy esta ofrece unas posibilidades que la convierten en una herramienta particularmente útil para este tipo de aprendizaje. Por ejemplo, este es el caso de los experimentos de laboratorio en ciencias. Los estudiantes, sin duda, podrían participar activamente en experimentos sin necesidad de computadoras ni de tabletas; sin embargo, casi dos décadas de investigación han demostrado que los estudiantes pueden obtener beneficios significativos cuando los equipamientos se incorporan a los laboratorios tomando la forma de los denominados «Laboratorios basados en tecnología». Bajo este diseño, cuando los estudiantes llevan a cabo experimentos pueden usar las computadoras o las tabletas para graficar instantáneamente sus datos, lo que reduce el tiempo entre la recolección de datos, su interpretación y su discusión. Así, los estudiantes ya no tienen que ir a casa a trazar laboriosamente puntos en un gráfico y luego llevar los gráficos de nuevo a la escuela al día siguiente. En su lugar, pueden ver instantáneamente los resultados de sus experimentos. En estudios ampliamente replicados, los investigadores observaron mejoras significativas en habilidades de representación gráfica y de interpretación de los estudiantes, en la comprensión de los conceptos científicos y, en general, en la motivación cuando se utiliza esta aproximación. Por ejemplo, un estudio de 125 estudiantes de séptimo y octavo grados encontró que el uso de aplicaciones para soportar este tipo de actividades se tradujo en un aumento de un 81% en la capacidad de los estudiantes para interpretar y utilizar gráficos. En otro estudio de 249 estudiantes de octavo grado se documentaron ganancias significativas en la capacidad de los estudiantes para identificar algunas de las razones por las que los gráficos resultantes de experimentos pueden conducir a malas interpretaciones (Barrera-Osorio y Linden, 2009).

El uso de la tecnología para que los estudiantes participen más activamente en el aprendizaje no se limita a ciencias y matemáticas. Por ejemplo, las aplicaciones destinadas a la maquetación o a la edición de vídeos de escritorio se pueden utilizar para involucrar a los estudiantes de manera más activa en la preparación de presentaciones que les permitan reflejar su conocimiento y comprensión de diversos temas (Boster, Meyer, Roberto, Inge y Strom, 2006). Dicho de otro modo, estas nuevas tecnologías hacen que la creación de contenidos sea mucho más accesible a los estudiantes y, precisamente, la investigación sugiere que tales usos de la tecnología pueden tener efectos significativamente positivos sobre el aprendizaje. Por poner un ejemplo, en un proyecto de ciencias sociales, estudiantes de secundaria trabajaron como «diseñadores multimedia» para crear un anuario escolar digital y una introducción a un museo local para los estudiantes de primaria de su misma escuela. Los estudiantes que participaron en este proyecto mostraron ganancias

significativas en medidas de su capacidad de compromiso con el trabajo y de autoconfianza en comparación con los estudiantes que siguieron una asignatura de introducción a la tecnología mucho más tradicional.

En uno de los diversos estudios que ilustran el uso efectivo de la tecnología como herramienta interactiva, tanto para la creación de nuevos contenidos como para el desarrollo de competencias, sobresale uno sobre el aprendizaje de la lengua inglesa de carácter experimental en noveno grado (Bebell y O'Dwyer, 2010). Lo interesante de este ejemplo es que el grupo de control incluyó a estudiantes con un buen desempeño, mientras que el grupo experimental solo a estudiantes que experimentaban dificultades con el aprendizaje de esta lengua. Mientras que al grupo de control se le siguió ofreciendo enseñanza tradicional, para el experimental se desarrolló un entorno de aprendizaje rico en tecnología con cada estudiante conectado a Internet a través de un computador portátil, con el que debían utilizar herramientas ofimáticas para la producción de una página web y una serie de presentaciones, siempre en lengua inglesa. De este modo, el desarrollo de las competencias en lengua inglesa se enfocó en el desarrollo de un proyecto específico. Esto proporcionó al grupo experimental, en palabras de uno de los profesores participantes, «un ambiente que fue muy divertido y emocionante para los estudiantes. Los estudiantes crearon sitios web basados en su propia investigación, en lugar de realizar trabajos sobre las investigaciones de otros, y discutieron puntos de vista distintos en sus propios blogs en lugar de recurrir a revistas tradicionales. Todo esto se parecía mucho al mundo de los adolescentes de hoy, puesto que incluía mensajería instantánea, correo electrónico y juegos basados en web». Este profesor utilizó los computadores portátiles a menudo y planeó una unidad didáctica especial de introducción a un nuevo tema al menos una vez cada seis semanas. Antes de cada unidad de estudio pidió a los estudiantes que usaran las *laptops* para actividades de descubrimiento como búsquedas en la web o visitas a museos. También requirió a los estudiantes que usaran una aplicación en sus *laptops* para diseñar la estructura del documento antes de empezar a escribirlo. Un ejemplo de las temáticas desarrolladas en los sitios web producidos por los estudiantes y basados en su propia investigación es el Holocausto. El profesor presentó la unidad de estudio por medio de una lección tradicional y una discusión posterior. Los temas tratados cubrieron aspectos históricos y temas de actualidad relevantes vinculados a ejemplos de genocidio en el mundo de hoy. A continuación, el profesor proporcionó a los estudiantes la información pertinente sobre el estilo de citas y consejos sobre escritura. Los grupos de estudiantes pasaron luego varios días en la biblioteca para acceder a Internet y los libros que podían utilizar como base para su investigación. El profesor solicitó entonces a un especialista en tecnología de la educación de la escuela que visitara su aula y creara el espacio web y las carpetas de los estudiantes en el servidor de la escuela. Los días siguientes, el profesor los pasó enseñando a los estudiantes cómo utilizar el software de construcción de páginas web y solucionando los problemas de los estudiantes a medida que aparecían. Les pidió a los estudiantes que crearan una página de inicio, tres subpáginas y una

página de referencia; cada una de estas páginas debían estar vinculadas entre sí. Estaban obligados a tener al menos dos fotos y no más de cuatro por página. Para planificar su página web cada estudiante debía primero generar un guion gráfico. Cada proyecto fue evaluado mediante rúbricas predeterminadas.

Los estudiantes del grupo experimental, muchos de los cuales habían presentado previamente problemas de conducta y altas tasas de fracaso académico, estaban muy motivados. El investigador y el profesor lo atribuyeron al uso de la tecnología, que les permitía implicarse más directamente en el desarrollo de un proyecto personal que les exigía altos niveles de actividad y también les dio la oportunidad de practicar el material que se iban a encontrar más adelante en exámenes oficiales. Cuando se le preguntó cómo en concreto el uso de la tecnología contribuía a mejorar el rendimiento de los estudiantes, el profesor respondió: «Les da un ambiente de aprendizaje activo. Ellos están involucrados en su aprendizaje en todo momento, toman sus propias decisiones de aprendizaje y se implican en [el aula].. Con la ayuda de la tecnología soy capaz de diferenciar mi enseñanza para satisfacer las necesidades individuales de los estudiantes; ellos lo saben y quieren formar parte de ese tipo de ambiente de aprendizaje».

Como muestran estos ejemplos, una clave de los proyectos de creación de contenidos es el uso de andamiajes o estructuras de apoyo para guiar a los estudiantes a través de una serie de actividades cada vez más complejas que se construyen una sobre otra. Los andamiajes pueden incluir «elementos visuales, como guiones gráficos o imágenes gráficas, para estimular la imaginación o la ayuda para retener información valiosa, y explorar estrategias para expresar los conocimientos previos en formato escrito». La motivación y la autoestima de los estudiantes se ven potenciados cuando las tareas de creación de contenidos son culturalmente relevantes, accesibles y tienen en cuenta sus intereses.

Otro ejemplo de cómo las habilidades se pueden desarrollar mediante este tipo de tareas viene de un estudio que involucró a cincuenta y cinco adolescentes en una serie de pequeños proyectos de creación de contenidos (Carrillo, Onofa y Ponce, 2010). En este otro estudio, los estudiantes asistieron a dieciséis sesiones semanales de clase de dos horas de duración. En cada una de estas sesiones, cada estudiante tenía su propio dispositivo y participaba en actividades de creación de contenidos originales para los que se requerían competencias relevantes. En una determinada lección se les pidió a los estudiantes que crearan materiales de soporte para un negocio que ellos mismos quisieran abrir, como por ejemplo un restaurante. Utilizaron el programa Excel para controlar los gastos, PrintShop para hacer los anuncios con los cuales atraer a potenciales empleados, y FrontPage para crear un sitio web de su nuevo negocio. Este proyecto también ilustra cómo, cediendo la iniciativa a los propios estudiantes dentro de la actividad de aprendizaje y proporcionándoles oportunidades para ejercitar y aplicar las competencias por desarrollar de manera práctica, los estudiantes pueden ganar en motivación e implicarse mucho más en el proceso de aprendizaje.

2. Aprendiendo cooperativamente

La colaboración y la interacción entre los estudiantes han sido consideradas durante mucho tiempo como factores importantes para mejorar el rendimiento escolar. De hecho, la intensidad de participación de un estudiante en el trabajo cooperativo es un buen predictor del éxito escolar (Education Week, 2014). En el pasado, el trabajo escolar cooperativo se limitaba a interacciones presenciales, pero con el advenimiento de las aplicaciones sociales existen muchas nuevas experiencias de colaboración basadas en la tecnología que los estudiantes por sí solos ya están explorando.

Muchos estudiantes confiesan que, si están teniendo problemas con un concepto particular, utilizan las aplicaciones sociales para consultar a otro compañero en busca de ayuda. Las aplicaciones sociales mejoran sustancialmente la productividad en el trabajo cooperativo, ya que borran las barreras del tiempo, la distancia y los costes. La cooperación mediatizada por la tecnología se puede extender más allá del círculo inmediato de amigos para convertirse en una oportunidad de acceder a una red que incluye a los mentores, tutores y expertos. Los docentes deben aprender a extraer partido de estas prácticas sociales que ya se dan entre los estudiantes y a encauzarlas adecuadamente para fomentar la idea de que el aprendizaje fuera y dentro del aula sea consistente y más eficiente.

Todo esto tiene su reflejo en las pruebas empíricas. Una línea influyente de la investigación de las ciencias cognitivas se centra en los componentes sociales del aprendizaje de los estudiantes, inspirándose en los trabajos seminales del psicólogo ruso Vygotsky. Los contextos sociales dan a los estudiantes la oportunidad de desarrollar con éxito competencias más complejas que las que podían llegar a generar por sí solos. La realización cooperativa de una tarea ofrece una oportunidad no solo para aprender imitando lo que hacen los demás, sino también para discutir la propia tarea, hacer visible su pensamiento y con ello ganar de la retroalimentación de los compañeros. Gran parte del aprendizaje tiene que ver con el significado y el uso correcto de ideas, símbolos y representaciones. A través de la conversación social informal y de los gestos, los estudiantes, y no solo el profesor, pueden proporcionar consejos explícitos, resolver malentendidos y garantizar que los errores se corrigen. Además, las actividades cooperativas conducen a menudo a una mayor motivación de los estudiantes por el aprendizaje. Dado que la identidad social de un estudiante se ve reforzada cuando participa en una comunidad o cuando deviene miembro de un grupo, la participación de los estudiantes en una actividad intelectual y social al mismo tiempo puede ser un gran impulso motivador y puede conducir a un mejor aprendizaje que si se depende única y exclusivamente de sí mismo.

Cierto es que algunos críticos consideran que la tecnología fomenta un comportamiento asocial y adictivo y aísla de la base social del aprendizaje. De hecho, varias aplicaciones clásicas, tales como los tutoriales y los programas de ejercicios repetitivos, hacen que los estudiantes trabajen exclusivamente de forma individual. Sin embargo, los proyectos que

utilizan la tecnología para facilitar la colaboración educativa abarcan casi toda la historia de Internet. Algunos de los usos más importantes de la tecnología están orientados hoy a las comunicaciones sociales (como Facebook o Twitter), y aplicaciones en red tales como la videoconferencia permiten una amplia gama de nuevas actividades de colaboración incluso entre escuelas, dentro de un mismo país o con países distantes. En realidad, el uso de redes sociales como Facebook es un asunto muy controvertido entre docentes y familias, pero también con ejemplos notables de buen uso. Por otra parte, redes como Edmodo que aprovechan el mismo tipo de interfaz de Facebook y son exclusivos para usos educativos han tenido un crecimiento espectacular (en pocos años tienen casi 30 millones de alumnos y docentes participando). Pero, al margen de la controversia, parece claro que el uso de la tecnología y, en particular, de las redes y aplicaciones sociales para promover este tipo de actividades de colaboración puede mejorar el grado en que las aulas son socialmente activas y productivas y pueden fomentar conversaciones en su seno que amplíen la comprensión los contenidos por parte de los estudiantes (Darling-Hammond, Zieleszinski y Goldman, 2014).

Un esfuerzo importante a largo plazo que ejemplifica muchas de las características promotoras del uso de la tecnología para el aprendizaje cooperativo es el *Computer Supported Intentional Learning Environment* (CSILE). El objetivo de CSILE, hoy transformado en KKnowledge Forum y disponible en abierto de forma gratuita, es apoyar de forma estructurada la construcción colaborativa de conocimiento haciendo que los estudiantes comuniquen sus ideas y críticas –en forma de preguntas, afirmaciones y diagramas– a una base de datos compartida donde son clasificadas por los propios estudiantes utilizando *scaffolds* (andamiajes) que son parte de la plataforma. Al ordenar la discusión de esta manera, el sistema ayuda a los estudiantes a ser más conscientes de cómo organizar su conocimiento a medida que este crece. Además, CSILE permite a los estudiantes, y a los expertos invitados, participar siempre independientemente de su ubicación física. Los estudiantes pueden trabajar con otros estudiantes de su propia aula o de otras aulas en la misma escuela o de todo el mundo para construir cooperativamente un conocimiento común sobre algún tema. La evaluación de este proyecto acreditó que los estudiantes participantes que utilizaban esta aplicación para ciencias, historia y estudios sociales se desempeñaron mejor en pruebas estandarizadas y fueron capaces de dar explicaciones más profundas que los estudiantes ubicados en clases que no accedían a esta tecnología. Aunque todos los alumnos muestran una mejora, los efectos positivos son especialmente significativos en el caso de los estudiantes clasificados como de bajo o medio rendimiento.

Un ejemplo notable del uso de *Knowledge Forum* proviene de Brasil, concretamente de São Bernardo do Campo y São Paulo. Sobre la base de cuadernos de actividades en papel del proyecto *TIM Faz Ciência*, los estudiantes de cuarto grado utilizan operaciones intelectuales (clasificar, cuestionar, generalizar, definir...) para pensar científicamente en distintas situaciones. Las dos escuelas utilizan entornos digitales para construcción de co-

nocimiento con el fin de que los estudiantes tornen visibles sus pensamientos, conozcan otras ideas y cualifiquen la utilización de las operaciones intelectuales. En la formación docente se utilizan las mismas operaciones intelectuales y razonamiento científico que se espera que los docentes desarrollen con sus estudiantes, en este caso para hacer ciencia con sus prácticas. Se usa el entorno *Knowledge Forum* para una construcción colectiva del conocimiento.

Se han creado muchos tipos de redes de aprendizaje para su uso en las aulas en todos los niveles. Por ejemplo, el proyecto Círculos de Aprendizaje de AT&T utiliza la red para promover el aprendizaje colaborativo multicultural y multilingüe al asociar aulas en diferentes países para desarrollar proyectos comunes. Proyectos como el Quiosco Foro Multimedia y SpeakEasy estructuran las interacciones cooperativas entre los estudiantes, lo que resulta en una participación equitativa y más inclusiva de género que la que se produce habitualmente en los debates cara a cara en el aula. Aplicaciones como ConvinceMe y Belvedere ayudan a los estudiantes a distinguir entre hipótesis y pruebas y a producir explicaciones científicas más claras. Los informes de evaluación de los investigadores y de los propios profesores sugieren que los estudiantes que participan en redes de aprendizaje muestran un aumento de su motivación, una comprensión más profunda de los conceptos y un aumento en su disposición a hacer frente a preguntas difíciles.

En América Latina no faltan experiencias en este sentido. Tómese, por ejemplo, el caso de la solución «El Aula del Futuro», diseñada por la Universidad Autónoma de México. El principal objetivo de esta solución es el uso de espacios colaborativos enriquecidos tecnológicamente; esto es, ambientes que permitan a los estudiantes compartir la información contenida en sus dispositivos personales (teléfono, tableta o *laptop*) y disponerla en espacios colaborativos públicos que integran herramientas de apoyo a la colaboración, en los que la información debe organizarse y afinarse según el acuerdo de todos los participantes. Con este enfoque, el trabajo desarrollado en un dispositivo personal contribuye rápidamente al trabajo grupal, potenciando el surgimiento de dinámicas de comparación, análisis, discusión y negociación entre los participantes, lo que a la postre lleva a que la colaboración sea un resultado natural de la participación. Esta solución está siendo probada en la Fundación Christel House, una institución dedicada a la educación de los niños de más escasos recursos, en los grados de 4.º, 5.º y 6.º y primero de secundaria con el fin de promover habilidades como búsqueda y organización de información, pensamiento crítico, toma de decisiones y acuerdos, trabajo en equipo, trabajo colaborativo.

3. Aprendiendo por medio de interacciones con retroalimentación

En las aulas tradicionales, los estudiantes suelen tener muy poco tiempo para interactuar con los materiales, con sus compañeros o con el profesor. Por otra parte, los estudiantes a menudo tienen que esperar días o semanas después de entregar un trabajo en el aula antes de recibir *feedback*. La investigación sugiere paradójicamente que el aprendizaje se

produce más rápidamente cuando los estudiantes tienen oportunidades frecuentes para aplicar las ideas que están aprendiendo y cuando la retroalimentación sobre el éxito o el fracaso de una idea viene casi de inmediato.

A diferencia de otros medios, la tecnología apoya este principio de aprendizaje al menos en cuatro formas distintas. En primer lugar, las herramientas digitales sí pueden fomentar una rápida interacción y un *feedback* inmediato. Por ejemplo, por medio del uso de gráficos interactivos, un estudiante puede explorar el comportamiento de un modelo matemático muy rápidamente y conseguir un retorno más rápido acerca del rango de variación en el modelo. Si el mismo estudiante tuviera que realizar a mano cada ajuste para el modelo, le llevaría mucho más tiempo explorar el rango de variación. En segundo lugar, las herramientas digitales pueden mantener involucrados a los estudiantes durante periodos prolongados cuando trabajan por su cuenta o en grupos pequeños; esto puede generar más tiempo para que el profesor pueda ofrecer *feedback* individualizado a determinados estudiantes en particular. En tercer lugar, el *feedback* inmediato puede ser también del docente y de otros estudiantes toda vez que es posible tornar el pensamiento visible haciendo buenas preguntas en entornos colaborativos y redes sociales y crear dinámicas para leer y comentar las respuestas durante la sesión de clase. En último lugar, en algunas situaciones, las herramientas digitales se pueden utilizar para analizar el progreso de cada estudiante y proporcionar información más relevante y personalizada que la que el alumno recibiría tradicionalmente.

Empíricamente se ha demostrado que existe una correlación muy patente entre el uso de simulaciones y aplicaciones interactivas, así como de juegos, y la mejora de los resultados académicos, mientras que no existe prácticamente ninguna entre el uso de la tecnología para el entrenamiento o la memorización y los resultados (Zielezinski y Darling-Hammond, 2014). Bien al contrario, los datos indican que el uso de la tecnología con estos fines en el ámbito escolar tiende más bien a asociarse con peores resultados en las pruebas de evaluación.

La investigación reciente indica que los videojuegos, en cuanto sistemas complejos interactivos, incorporan un conjunto de principios de aprendizaje a los que es necesario prestar más atención (Gee, 2004, 2005). Como recurso educativo, la investigación sobre los videojuegos muestra que estos influyen en la generación de nuevos conocimientos y habilidades, al presentar información oportunamente y de manera atractiva; al requerir el análisis de una situación dada que implica atención y concentración para resolverla, estimulando así el pensamiento crítico; asimismo favorecen el aprendizaje colaborativo, a la vez que requieren la participación activa del jugador; y convierten el aprendizaje en algo más vivencial, entretenido y participativo. Por todo lo anterior se encuentran pruebas de que pueden aumentar el rendimiento académico si son aprovechados pedagógicamente en el aula (Carretero y Montanero, 2008; Cuenca y Martín, 2010; Echeverría *et al.*, 2011). Los videojuegos pueden ser empleados también como herramientas de aprendizaje en

lo que se ha dado en llamar *serious games*: el juego serio es una experiencia diseñada utilizando mecánicas de juego y pensamiento lúdico con el objetivo de que el jugador domine el contenido de un tema específico (Contreras, 2013). Un buen ejemplo lo constituye una innovadora experiencia peruana alrededor del juego *1814: la independencia del Perú*, desarrollado por el grupo Avatar de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Se trata de la creación de un videojuego de estrategia en tiempo real, basado en hechos históricos relacionados con la independencia del Perú en 3D. El juego es de libre acceso y propone recomendaciones para su uso en el aula. Un estudio cuasi experimental demostró un efecto positivo en el aprendizaje de los estudiantes que emplean el videojuego como complemento a las clases en comparación con los que no lo emplean. En efecto, se pudo comprobar que el grupo experimental –que tuvo clases de historia, así como horas de videojuego– incrementó su aprendizaje en mayor medida que el grupo control 1 (solo clases) y el grupo control 2 (solo videojuego). Se halló un mayor incremento de aprendizaje en el grupo que fue intervenido solo con horas de videojuegos en comparación con el que llevó solo clase. Los grupos en donde se utilizó el videojuego como herramienta educativa mejoraron su rendimiento significativamente más que aquellos en los que no se hizo uso de este (Evaristo y otros, en prensa).

Más allá del uso de videojuegos, la gamificación (del término inglés *gamification*) o ludificación es un concepto que alude al uso de las mecánicas de los videojuegos en entornos ajenos a estos para involucrar al sujeto que aprende en determinadas actividades (Deterding, 2011). En educación, este concepto está tomando impulso: se incluyen elementos provenientes de los videojuegos a fin de que promuevan el aprendizaje en medio de una experiencia divertida, dotando de mecánicas lúdicas actividades que no lo son; así la gamificación se vale de recursos como puntos, niveles, recompensas, logros, etc. (Contreras, 2013; Kapp, 2012). La idea es mantener comprometido al estudiante en la tarea de aprendizaje y conservar su interés. De esta manera se incrementa la motivación, haciendo más significativo el aprendizaje, y se percibe cierta recompensa al esfuerzo desplegado. Esta gamificación puede comportar igualmente la utilización educativa de las consolas de videojuegos o de sus periféricos. En Armenia (Colombia) se diseñó e implementó una aplicación de software desarrollado en MatLab®, el cual permitió visualizar en tiempo real la imagen de color captada por el sensor Kinect™ y los parámetros físicos medidos y/o calculados en cada uno de los movimientos, generando de esta manera el complemento entre información del mundo real e información virtual y, por lo tanto, creando el efecto de la realidad aumentada. Los parámetros mostrados por la interfaz de realidad aumentada dependen del tipo de movimiento que se está analizando. El profesor logró que los estudiantes se motivaran en su clase a aprender, aprovechó uno de los potenciales de las TIC con el Kinect™, el de la entretención y diversión. El Kinect™, al ser una cámara periférica diseñada para la consola de juego Xbox® 360, atrajo a los estudiantes a participar en la resolución del problema. Además de ello, se comprobó en los exámenes que los estudiantes habían logrado desarrollar mejor entendimiento de los fenómenos

físicos que implicaban movimiento, imaginación para plantearse más problemas y capacidad para resolverlos.

Por consiguiente, cuanto más interactivas sean las estrategias de aprendizaje, mejores serán los resultados. Y aquí es donde la tecnología puede ayudar y mucho. En este sentido es muy importante la distinción entre los clásicos programas de enseñanza asistida por computador y los modernos programas o aplicaciones interactivas que se caracterizan por diagnosticar los niveles de logros de cada estudiante, para ofrecer a cada uno de ellos los recursos más apropiados a sus necesidades y ritmo, un conjunto más interactivo de actividades motivadoras, así como facilitarles *feedback* sobre sus logros. Al mismo tiempo son capaces de generar información que puede ser de utilidad para los propios docentes. Este tipo de programas interactivos, cuando son utilizados por docentes que se muestran siempre dispuestos a explicar conceptos, resolver dudas, coordinar la discusión entre los estudiantes y facilitar la aplicación práctica, se ha demostrado que tienen más éxito, singularmente en el caso de aquellos estudiantes que van más rezagados o que experimentan dificultades de aprendizaje.

Una de las principales ventajas de los programas interactivos es que permiten a los estudiantes ver y explorar conceptos desde distintas perspectivas utilizando una gran variedad de posibles representaciones. Por ejemplo, parece mucho más eficiente, para el estudio de las funciones cuadráticas, el uso de estos entornos interactivos que no la tradicional forma de enseñanza frontal, acompañada por la mera realización de ejercicios con lápiz y papel. En uno de los experimentos más conocidos en la didáctica de las matemáticas (Cheung y Slavin, 2013) se pidió a los estudiantes del grupo experimental que pasaran 55 minutos al día trabajando en 6 unidades didácticas que seguían el conocido ciclo de motivar, explorar, explicar y elaborar. A lo largo de este ciclo, los alumnos utilizaron simulaciones que les permitían manipular la información sobre gráficos y tablas interactivas. Tuvieron tiempo suficiente para explorar por sí mismos y se les pidió que explicaran y elaboraran un ensayo sobre ciertos fenómenos observados y también tuvieron la oportunidad de dialogar con otros estudiantes acerca de todo ello. Los autores de este experimento concluyeron obviamente que en la enseñanza de las matemáticas los resultados dependen enormemente del proceso de aprendizaje, que mejora sustancialmente cuando se puede crear un entorno que envuelve a los alumnos para llevarles hacia el desarrollo de habilidades de pensamiento complejo por medio de la resolución de problemas, frente a una enseñanza meramente basada en la repetición y la memorización.

Otro estudio importante en el mismo ámbito de las matemáticas (Cheung y Slavin, 2011) encontró una mejora sustancial en los resultados de los estudiantes que utilizaron módulos basados en videosecuencias con anotaciones que les ayudaban a identificar los elementos más importantes de un problema e interactuar con modelos digitales en tres dimensiones, antes de aplicar su comprensión a la construcción de un producto concreto en ese mismo entorno digital. En una de esas videosecuencias, por ejemplo, se mostraba

a lo largo de ocho minutos a tres jóvenes que querían construir una rampa para *skateboard*. Para responder a los distintos problemas a los que se enfrentaban los jóvenes que aparecían en el vídeo, los alumnos tenían que calcular el porcentaje de dinero que iban a dedicar de sus ahorros a la compra de los distintos materiales. También tenían que ser capaces de leer una cinta métrica, convertir centímetros en milímetros, descifrar planos de edificios, construir una tabla de materiales, combinar fracciones complejas, realizar combinaciones y, finalmente, calcular el coste total de la construcción de la rampa con distintas herramientas accesibles en la misma aplicación, que ayudaban a los estudiantes a comprender los conceptos subyacentes al problema general mucho mejor. Por ejemplo, una de estas herramientas mostraba una rampa tridimensional que los alumnos podían manipular para poder ver todas sus caras.

Esta aproximación puede, por supuesto, utilizarse en todas las áreas de conocimientos. En ciencias, por ejemplo, los estudiantes pueden aprender nuevos conceptos explorando desafíos y problemas, viendo vídeos sobre ellos y construyendo contenido por sí solos para representar su pensamiento acerca de esa cuestión específica. Por medio del uso de la tecnología, los estudiantes pueden acceder al contenido en muchas formas distintas que de hecho pueden llegar a tener vida con mapas, vídeos, vínculos a definiciones, acceso a contenidos adicionales y mucho más. Todos estos ejemplos ilustran cómo un uso de la tecnología que mejore la interacción permite facilitar el aprendizaje de los alumnos para que lleguen a dominar, mediante distintos medios y métodos, conceptos y competencias que son generalmente difíciles de desarrollar en un contexto tradicional de enseñanza.

Las investigaciones indican que aplicaciones tales como las descritas anteriormente pueden ser herramientas eficaces para apoyar el aprendizaje. Por ejemplo, un estudio comparó dos estrategias de enseñanza con un uso intensivo del correo electrónico (Means, Toyama, Murphy, Bakia y Jones, 2009). En la primera, los profesores tenían que generar una respuesta personalizada para cada estudiante. En la segunda, el sistema enviaba a cada alumno una respuesta apropiada, pero siempre pregrabada y estandarizada. El aprendizaje de los estudiantes mejoró significativamente y aproximadamente por igual con ambos métodos, pero la estrategia basada en respuestas pregrabadas y estandarizadas permitió liberar tiempo, paradójicamente, para que los alumnos tuvieran hasta cuatro veces más interacciones personalizadas con su profesor. Otro ejemplo: una aplicación llamada *Diagnoser* evalúa la comprensión que los estudiantes tienen de conceptos de física en situaciones donde se suelen cometer errores; a continuación, sugiere a los profesores posibles actividades correctivas. Los resultados aumentaron más del 15% cuando los profesores incorporaron el uso de *Diagnoser*, y los resultados fueron igualmente significativos para estudiantes de bajo, medio y alto rendimiento.

Existe actualmente una gran variedad de sistemas adaptativos (*Geekie*, *Adaptativa*, *Descomplica*, *QMagico*, etc.) y siguen en evolución y refinamiento para ir más allá de los resultados en meros tests de opción múltiple, problemas cerrados, que evalúan casi sola-

mente conocimiento de informaciones y la aplicación de algoritmos, para intentar comprender el pensamiento del estudiante. En efecto, las aplicaciones más sofisticadas de la tecnología en esta área han tratado de rastrear el proceso de razonamiento de los estudiantes paso a paso y proporcionar orientaciones cuando los estudiantes se desvían del razonamiento correcto. Los resultados de Geometry Tutor, una aplicación que utiliza este enfoque, mostraron que los alumnos –especialmente aquellos con baja autoconfianza en su capacidad para aprender matemáticas– podrían aprender geometría mucho más rápidamente con este tipo de ayuda. Además, los investigadores de la Universidad Carnegie Mellon encontraron que estudiantes de secundaria que utilizaron otra aplicación semejante, Algebra Tutor, mostraron pequeños avances en las pruebas de matemáticas estandarizadas como el Scholastic Aptitude Test (SAT), pero más que duplicaron sus resultados en la resolución de problemas complejos en comparación con alumnos que no utilizaron esta aplicación.

4. Aprendiendo a través de conexiones con el mundo real

Actualmente, uno de los temas centrales de la investigación sobre el aprendizaje es el fracaso frecuente de los estudiantes para aplicar lo que aprenden en la escuela a los problemas con que se topan en el mundo real. Una vasta literatura sobre este tema sugiere que, para desarrollar la capacidad de transferir conocimientos y competencias desde el aula al mundo real, los estudiantes deben dominar los conceptos básicos y no simplemente memorizar hechos y técnicas de solución en contextos simplificados o artificiales. Pero las tareas típicas de resolución de problemas en las aulas tradicionales no ofrecen a los estudiantes la oportunidad de aprender cuándo aplicar o transferir esas competencias a contextos reales.

La tecnología puede ofrecer a los estudiantes una excelente herramienta para la aplicación de conceptos en una variedad de contextos y de ese modo romper el aislamiento artificial de los aprendizajes escolares en relación con las situaciones del mundo real. Por ejemplo, a través de la red los estudiantes pueden tener acceso a los datos científicos de las más recientes expediciones, ya sea sobre la última misión de la NASA a Marte, una excavación arqueológica en curso en México o un telescopio controlado remotamente en Chile. Además, la tecnología puede ofrecer oportunidades sin precedentes para que los estudiantes participen activamente en el tipo de experimentos que los profesionales utilizan de forma rutinaria, incluyendo su diseño y también la discusión de los resultados obtenidos. A través de Internet, estudiantes de todo el mundo pueden trabajar como colaboradores de científicos, empresarios y políticos que están haciendo contribuciones valiosas a la sociedad.

Un importante proyecto que permite a los estudiantes participar activamente en una investigación totalmente inserta en las preocupaciones políticas y científicas del mundo real es el programa GLOBE. Iniciado en 1992 por el entonces vicepresidente de Estados Unidos Al Gore como una manera innovadora de ayudar a concienciar sobre el medio

ambiente y contribuir a que los estudiantes adquieran competencias científicas, el programa GLOBE conecta actualmente a más de 4.000 escuelas de todo el mundo con científicos. Los profesores y los estudiantes recogen datos ambientales locales para su uso por parte de los científicos y estos proporcionan a su vez asesoramiento a los profesores y estudiantes participantes acerca de cómo aplicar los conceptos científicos al análisis de los problemas ambientales reales. Por lo tanto, el Programa GLOBE depende en buena medida de las contribuciones de los estudiantes para ayudar a monitorear el medio ambiente, al tiempo que contribuye también a su educación en este ámbito de una forma interdisciplinar. Además, los alumnos se sienten motivados a participar más activamente en el aprendizaje, ya que están contribuyendo con aportaciones que tienen un valor científico real para la investigación. En las evaluaciones, el 62% de los profesores que utilizan el programa GLOBE informaron que sus estudiantes analizan, discuten e interpretan los datos. Aunque no se han realizado todavía evaluaciones rigurosas de los efectos sobre el aprendizaje, los profesores GLOBE encuestados afirman que este programa es muy eficaz e indicaron que los mayores avances de los alumnos se produjeron en las áreas de las competencias de observación y medición, de su capacidad para trabajar en grupos pequeños, así como, obviamente, también de las competencias digitales.

Del mismo modo, en el proyecto Global Lab los científicos han desarrollado técnicas que permiten a los estudiantes de todo el mundo reunir y compartir datos sobre distintos aspectos de su entorno por medio de datos relativos a aspectos terrestres, acuáticos y aéreos de su localidad. Los estudiantes estudian, por ejemplo, la calidad del suelo local, la conductividad eléctrica y el pH de la lluvia, la radiación ultravioleta, las partículas en suspensión y los niveles de dióxido de carbono en el aire. Los resultados, una vez compilados centralizadamente, permiten que los alumnos analicen los datos con sus compañeros y con científicos de todo el mundo. Muchos otros proyectos también conectan a profesores y a estudiantes con científicos para permitir la participación activa en experiencias de investigación del mundo real. Por ejemplo, el proyecto Jason, originado por el explorador Robert Ballard, invita a los alumnos a conectarse con su equipo durante las expediciones científicas. En estas expediciones, los estudiantes se comunican con los científicos que están explorando los arrecifes de coral o estudian una selva tropical. En el proyecto KidSat, los estudiantes dirigen el funcionamiento de una cámara en un transbordador espacial de la NASA.

Coyaima es una región colombiana rural de difícil acceso, donde además los estudiantes no contaban con suficientes libros e información para enfrentar su problema. Cuando en el año 2013 reciben las tabletas, con ayuda del proyecto de aula TIC, los profesores y estudiantes diseñaron procesos de investigación para proteger su cuenca, analizaron muestras de agua y de suelo, apoyándose en aplicaciones como la tabla periódica digital para estudiar los elementos químicos, incluso llegaron a utilizar una aplicación para llevar el control del tiempo de sus experimentos. A la vez, alumnos y docentes realizaron un trabajo fuerte en redes colaborativas en ambiente web e incorporaron nuevos recursos

didácticos de carácter digital (vídeos, tutoriales, fotos, murales, blogs y diarios digitales), que permitieron el establecimiento de un sistema de monitoreo permanente (en tiempo real) para la protección y concienciación ambiental de docentes, directivos, estudiantes, familiares y microempresarios en la zona de influencia. Los docentes ya venían trabajando el problema ambiental de su cuenca desde 2001, sin embargo, uno de los aspectos más importantes en el que la tecnología tiene un papel de transformación de lo que venía realizando el profesor es que gracias a ella logra divulgar los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos que realiza con sus estudiantes de la cuenca. Los trabajos con otros colegas y con expertos de otros países en línea alimentaron las ideas de mejora de los proyectos de aula TIC. Esto les llevó a tener aceptación y respaldo de la comunidad, convirtiéndose su investigación en un proyecto importante para esa pequeña ciudad. Los docentes, en definitiva, comenzaron a generar conocimiento científico de valor de la mano de sus estudiantes, y estos a su vez avanzaron en el desarrollo de competencias científicas, que se adquieren por medio de la experimentación y del análisis de problemas ambientales. Otro logro que repercutió en el cambio del docente y que le llevó a prestar una mayor atención al aprendizaje de sus estudiantes fue que, con la tecnología, la interacción entre el docente y el estudiante se vio reforzada por los medios virtuales (redes sociales y Facebook); esto condujo a que subiera el índice de asistencia y permanencia de los estudiantes (en las zonas rurales hay una deserción del 54%), creció el interés por la asignatura, mejoró la comunicación en la comunidad educativa, se fortalecieron las competencias investigativas y se desarrollaron habilidades asociadas con la creación, el análisis y la evaluación de proyectos principalmente.

También se han desarrollado proyectos para conectar a los estudiantes con experiencias del mundo real en materias no científicas. Por ejemplo, el proyecto Jasper acreditó mejoras significativas en la comprensión matemática cuando los profesores utilizaron videojuegos de aventuras que animan a los estudiantes a participar en la resolución de problemas matemáticos significativos para progresar en el juego (Bottge, Rueda y Skivington, 2006). Los investigadores evaluaron la efectividad del proyecto Jasper en 28 escuelas secundarias en 9 localidades distintas. Después de un mes, los alumnos que usaron este recurso obtuvieron casi las mismas calificaciones en pruebas estandarizadas de matemáticas, pero mostraron una mejoría significativa en su capacidad para resolver problemas complejos y actitudes más positivas hacia el papel de las matemáticas en la solución de problemas reales, en comparación con los estudiantes a quienes no se ofreció esta estrategia.

5. La orquestación de los recursos didácticos y el papel crítico del profesor como activador del aprendizaje

El papel del docente es y seguirá siendo crucial. Y cuando se afirma esto, no es solo por convicción, sino porque así lo demuestra la investigación. Las pruebas demuestran que, en términos de impacto sobre el aprendizaje de los alumnos, las fórmulas docentes aso-

ciadas al concepto del «docente como facilitador» no rinden tanto como aquellas que se enmarcarían en el concepto del «docente como activador» del aprendizaje. La diferencia puede parecer puramente de matiz, pero no es así. Hattie (2009) demostró que, cuando el docente se implica directamente no solo en la planificación de las actividades y en la disposición de los recursos, sino que también adopta un papel activo, el impacto sobre el aprendizaje de los alumnos es tres veces mayor que cuando se limita a circular por el aula ofreciéndose como un recurso más a disposición de los alumnos. Bien es verdad que Hattie no consideró estas diferencias en contextos con alta densidad de tecnología, pero esto hace su trabajo aún más valioso, porque apunta a las diferencias netas entre aproximaciones pedagógicas y ayuda a situar la contribución de la tecnología.

Como sugieren los ejemplos anteriores, se puede conseguir tanto una mayor implicación de los estudiantes como unos mejores resultados por medio del uso de entornos de aprendizaje soportados por la tecnología. Esto se logra involucrando a los estudiantes en un aprendizaje interactivo que ofrece múltiples representaciones de ideas y *feedback* en tiempo real, así como oportunidades para explorar y crear contenidos y aplicar lo aprendido para desarrollar competencias. Pero todos los ejemplos demuestran igualmente que el requerimiento básico es el propio profesor en su capacidad de orquestar recursos, cualquiera que sea su naturaleza, en función de su visión pedagógica y de un diseño didáctico apropiado.

Una forma de orquestación que está ganando adeptos rápidamente es la denominada «clase invertida» (*flipped classroom*). Por lo general, este término se refiere a formas de organizar los procesos de enseñanza y aprendizaje en las que se utilizan las herramientas tecnológicas fuera de clase (por ejemplo, ofreciendo lecciones del propio profesor grabadas en vídeo, lecturas y ejercicios que se espera que los estudiantes completen en su casa) para proporcionar la información que normalmente el profesor habría dispensado durante la instrucción directa en el aula por medio de su lección, mientras que el tiempo de clase se utiliza para el debate y la investigación colaborativa, basada en la resolución de problemas. Aunque actualmente este enfoque es muy discutido, precisamente por su auge creciente, ha habido hasta el momento poca investigación empírica sobre sus efectos. Una reciente revisión de la literatura (Bishop y Verleger, 2013) señaló que la mayoría de los estudios realizados hasta la fecha se limitaron a explorar las percepciones de los alumnos y usaron diseños de investigación no experimentales. Lo cierto es que los informes de percepción de los alumnos de la clase invertida son algo dispares, pero por regla general son positivos: los estudiantes tienden a preferir las lecciones del profesor en persona a las filmadas en vídeo, pero también prefieren las actividades interactivas en el aula a las lecciones tradicionales. La prueba anecdótica sugiere que la calidad del aprendizaje del estudiante mejora en la clase invertida en comparación con el aula tradicional. Sin embargo, todavía hay muy pocos trabajos que investiguen los efectos de la metodología de la clase invertida sobre los resultados del aprendizaje de los estudiantes de manera objetiva. Un buen ejemplo de esta

aproximación la constituye el programa «Alumnos en Red», en México, que se aplica desde el ciclo escolar 2013-2014. El programa consiste en utilizar una plataforma en línea con el fin de que los estudiantes puedan colaborar, proponer y resolver problemas que impacten en su entorno y estén relacionados con los temas de clase. Esta herramienta permite que el alumno sea el eje central del aprendizaje y el docente un facilitador, permite romper la brecha digital, sin importar el nivel socioeconómico, el espacio o el tiempo. Lleva a los estudiantes a gestionar el conocimiento en un ambiente lúdico, en el que pueden ganar diversas medallas de acuerdo con sus competencias no solo en el uso de la tecnología, sino en las habilidades del siglo XXI; los estudiantes, a su vez, se pueden autoevaluar y evaluar el trabajo de sus compañeros.

Pero incluso en diseños de orquestación menos complejos que el de la clase invertida, las pruebas insisten en la importancia de contar con el soporte del profesor y los aportes de otros estudiantes, modulando cuidadosamente las interacciones entre todos ellos. Los resultados de aprendizaje son mejores cuando usos de la tecnología como los presentados anteriormente se combinan con oportunidades de ayuda estratégica por parte del profesor e interacciones sociales entre los estudiantes.

Así, en un estudio que comparó los resultados de aprendizaje en modalidades híbrida (presencial y a distancia, en línea) e íntegramente a distancia (solamente en línea), 1.943 estudiantes coreanos siguieron cursos en línea que utilizaban Flash y componentes de vídeo a través de la web (Means *et al.*, 2009). Los estudiantes progresaban mediante distintas sesiones de aprendizaje, completando tareas en línea individualmente, recibiendo retroalimentación digital en tiempo real y participando en discusiones de grupo. Uno de los grupos de alumnos siguió la experiencia de aprendizaje en línea con el apoyo de un profesor principal (modalidad híbrida), mientras que otro grupo se basó en el autoestudio exclusivamente, sin la ayuda de ningún profesor (modalidad totalmente en línea). Los resultados mostraron que los estudiantes a los que los profesores les apoyaron en su aprendizaje en línea fueron mucho más propensos a decir que desarrollaron un gran interés por el tema y aumentaron su nivel académico. Los investigadores concluyeron que «la asistencia del profesor debería ser obligatoria para el aprendizaje en línea». Cuando se preguntó a los alumnos sobre el área donde experimentaron mayor desarrollo personal, las ventajas enumeradas por los estudiantes en la modalidad híbrida fueron más numerosas. Estos últimos eran mucho más propensos a afirmar que desarrollaron un interés personal por el tema y aumentaron sus logros académicos, mientras que los estudiantes que hicieron todo su trabajo en línea en solitario fueron mucho más proclives a decir que no experimentaron ningún cambio en su aprendizaje. Además, los estudiantes informaron de altos niveles de satisfacción asociados a las numerosas oportunidades que tuvieron para la interacción con sus compañeros en línea.

No es extraño, por consiguiente, que las aproximaciones híbridas ganen terreno en el ámbito de las innovaciones. Este es el caso de las escuelas Innova de Perú. El modelo

educativo de este grupo de escuelas propone el *blended learning*, que combina experiencias prácticas directas en el aula (aprendizaje socioconstructivista) con el aprendizaje digital, en el que los estudiantes emplean herramientas computarizadas para descubrir y trabajar los conceptos académicos, empleando software libre y programas educativos para diversos cursos, en el modelo 1 a 1. Las escuelas Innova apuestan por un modelo educativo privado de bajo costo con un importante componente tecnológico. Es quizá la experiencia privada más masiva en el Perú y la primera en proponer como eje de su propuesta el *blended learning*. Aunque no se dispone de información sobre resultados de aprendizaje, el modelo ha tenido una amplia aceptación, creciendo de 3 a 20 colegios en Lima en menos de 5 años.

Un estudio estadounidense examinó el uso de la tecnología en una escuela remedial a la que los estudiantes asistían después de haber fracasado en una escuela ordinaria o de haber sido expulsados de alguna de ellas (Kim y Lee, 2011). En este caso, los profesores utilizaban la tecnología para apoyar a los alumnos en formas que van desde programas de aprendizaje asistido por computador hasta el uso de la tecnología para la investigación y el desarrollo de contenidos por los estudiantes. En ese contexto, los alumnos declaraban que optaban por utilizar la tecnología en aquellos temas en los que querían entrenarse por medio de la realización de ejercicios, ver visualizaciones de los contenidos y demostrar sus logros (para pasar de un nivel al siguiente), pero no para aquellas materias o temas que percibían como difíciles de aprender por medio del computador. Los estudiantes señalaron que la disponibilidad del profesor para ayudarles en la comprensión de conceptos difíciles y superar así los momentos de confusión cuando estaban trabajando en equipo fue crucial. Los alumnos y sus profesores también señalaron que era importante tener variedad en sus opciones de recursos para el aprendizaje, a condición de que estuvieran bien engarzados entre sí para facilitarles el desarrollo de las competencias requeridas. De nuevo, es fácil deducir de todo ello la importancia del papel del profesor como orquestador de los recursos de aprendizaje. Pero es igualmente importante que esto se haga garantizando oportunidades para interacciones de calidad entre el profesor y los estudiantes, así como entre los mismos estudiantes.

Se debe tener en cuenta que, en todos los ejemplos de resultados exitosos que se han relatado, los estudiantes tenían acceso a tecnología en la modalidad de 1 a 1 (un dispositivo disponible para cada estudiante), con un ancho de banda adecuado para apoyar su trabajo. Los investigadores han encontrado que el acceso a la tecnología bajo esta modalidad es particularmente útil para los alumnos de baja extracción socioeconómica «para ganar fluidez en el uso de la tecnología para una variedad de propósitos de aprendizaje, ya que son menos propensos a tener estas oportunidades de acceso en casa». Por ejemplo, en un estudio que examinó la aplicación de un programa de 1 a 1 en tres escuelas con perfiles económicamente diferentes en Perú (Beuermann, Cristia, Cruz-Aguayo, Cueto y Malamud, 2013), se encontró que los jóvenes de menores ingresos mostraron ganancias

de aprendizaje significativamente más altas en matemáticas en relación con los estudiantes de ingresos más altos, y los profesores eran más propensos a decir que encontraron los dispositivos mucho más útiles para el aprendizaje de los jóvenes «en riesgo». Cuando se les dio a los alumnos acceso a un portátil en la modalidad de 1 a 1, así como acceso a Internet en la escuela, los profesores les pidieron que los usaran en clase varias veces a la semana para propósitos que iban desde la búsqueda del conocimiento de fondo, facilitando aprendizajes *just in time*, hasta el apoyo a proyectos de investigación. Además del trabajo que los estudiantes estaban haciendo en matemáticas, los investigadores observaron que la modalidad 1 a 1 permitía aumentar la probabilidad de que los estudiantes se implicaran en procesos de escritura, en el desarrollo de competencias de investigación práctica en profundidad, así como de competencias digitales complejas a través de la «interpretación y producción del conocimiento».

Ahora bien, se ha demostrado que los usos de la tecnología en la escuela tienen mucho que ver no solo con las competencias docentes, sino también con las propias expectativas de los docentes acerca del potencial de sus estudiantes. Cuando las expectativas del docente son más bien bajas, cosa que sucede con mucha frecuencia cuando se trata de estudiantes de baja extracción socioeconómica, los datos demuestran que el uso de la tecnología tiende a estar mucho más vinculado a la ejercitación y a la memorización, y por tanto a la transmisión de contenidos, que cuando las expectativas del docente sobre sus estudiantes son mucho más elevadas. En este último supuesto, el docente siempre es más proclive a confiar en la capacidad de sus estudiantes de ir más allá y de llegar a enfrentarse a tareas y problemas complejos. Y, como podría esperarse, la realidad demuestra que el uso de la tecnología se orienta mucho más a facilitar la interacción del estudiante no solo con el contenido, sino con desafíos o proyectos que le ayudarán a desarrollar sus competencias.

En definitiva, a igualdad de competencias docentes, si las expectativas sobre los estudiantes son elevadas, el resultado será una mayor propensión al desarrollo de estrategias pedagógicas en las que la interacción, individual o en grupo, con los recursos docentes cobrará más importancia, lo cual posibilita un tipo de aprendizaje orientado al desarrollo de competencias y, lo que es más, motivador para el estudiante. Sin embargo, hay que darse cuenta de que semejante afirmación contiene implícitamente buenas y malas noticias. Las buenas noticias son que, en esta aproximación basada en la interactividad, la tecnología es prácticamente imprescindible. Las malas noticias son, por otro lado, que las expectativas docentes sobre los estudiantes están, por desgracia, intrínsecamente vinculadas a la extracción socioeconómica de estos y se crea de este modo una nueva brecha que tiene repercusión en lo digital, pero que es originariamente pedagógica: mejor pedagogía para aquellos estudiantes de quienes se tiene mejor expectativa y, por ende, mayor y mejor uso de la tecnología también para ellos.

Ampliando el horizonte de lo que aprenden los estudiantes

Además de apoyar a la transformación de cómo aprenden los estudiantes, la tecnología también puede mejorar lo que los estudiantes aprenden, permitiéndoles tomar parte en discusiones y experiencias que de otra manera serían inaccesibles para la mayoría de ellos. Por ejemplo, como incluso con las tabletas se puede hacer música, los alumnos pueden experimentar con la composición de música incluso antes de que puedan tocar un instrumento. Como la tecnología hace posible ver y hablar con otras personas en diferentes partes del mundo, los estudiantes pueden aprender arqueología siguiendo el progreso de una excavación real en Perú. A través de las comunicaciones en línea, los estudiantes pueden llegar más allá de su propia comunidad para encontrar profesores y otros estudiantes que compartan sus intereses académicos, e incluso forjar comunidades virtuales entre grupos de clase de distintos países, como sucede con el programa *Etwinning* de la Comisión de la Unión Europea. De ahí la creciente importancia de las competencias digitales.

La investigación más interesante acerca de cómo la tecnología puede mejorar lo que aprenden los estudiantes se centra, sin embargo, en las aplicaciones que pueden ayudar a los alumnos a entender los conceptos básicos en temas científicos o matemáticos mediante la representación de los contenidos en formas menos complicadas y de más fácil comprensión. La investigación ha demostrado que la tecnología puede conducir a cambios profundos en lo que los estudiantes aprenden. Mediante el uso de la simulación, las anotaciones con enlaces dinámicos y la interactividad, los estudiantes pueden llegar a alcanzar un sorprendente dominio de conceptos sofisticados. Algunos ejemplos que así lo demuestran se presentan a continuación.

Competencias digitales

La masificación de Internet y, más en general, de las tecnologías digitales en todas las capas sociales e instituciones, incluyendo las propias escuelas, está llevando a estas últimas a un escenario de múltiples tensiones y oportunidades. Más allá de si los docentes consideran pertinente usar o no estas nuevas tecnologías para apoyar los aprendizajes escolares, este nuevo contexto está descolocando a las escuelas, ya sea porque la amplia y ubicua disponibilidad de información está afectando a la pertinencia de sus métodos de enseñanza o porque los alumnos están cambiando su manera de responder a las demandas de los docentes. Para seguir siendo relevantes en este nuevo escenario, las escuelas deberán hacer adaptaciones profundas en su propio quehacer educativo y preparar a los alumnos para trabajar y aprender en estos nuevos entornos digitales. En particular, los estudiantes deben saber buscar, filtrar y comparar la información relevante, así como presentarla y citarla adecuadamente. Las competencias involucradas en estas actividades pueden parecer similares a las que debían dominarse antes de que emergieran las tecnologías digitales; sin embargo, son muy diferentes al ser desempeñadas en los ambientes digitales. Por ejemplo, buscar y filtrar la información disponible en Internet es muy distin-

to, dado el volumen y formatos de lo que es posible encontrar; la posibilidad de colaborar tiene nuevos canales que antes no existían y que amplían las modalidades de interacción; o la facilidad para copiar y adaptar contenidos hace más delicado el tema del reconocimiento de la autoría. Sin estas competencias no es posible que los alumnos puedan aprovechar los recursos digitales en las actividades de aprendizaje, lo que hace inevitable que la escuela se haga cargo de su desarrollo. Asimismo, para los estudiantes son importantes estas competencias para incorporarse en las diferentes esferas de participación de la sociedad, así como aprovechar las nuevas oportunidades para seguir aprendiendo a lo largo de la vida, incorporar nuevos conocimientos e innovar en los procesos productivos y sociales en los que les toca participar y, de esta forma, contribuir al desarrollo socioeconómico de sus comunidades.

Diversos autores han llamado la atención sobre la relevancia de estas competencias. Por ejemplo, Pedró (Pedró, 2012a) ha subrayado el hecho de que estar conectado no se traduce en beneficios para las personas o las instituciones si estas no tienen la capacidad de trabajar activamente con los medios de información digital que esta conectividad hace disponibles; y que la educación es la principal responsable de promover estas competencias en niños y adolescentes. Este y otros autores (ver, por ejemplo, Levy y Murnane, 2007; Fraillon y Ainley, 2010) realzan la importancia que tienen estas competencias en el contexto de las emergentes economías basadas en el conocimiento y argumentan la necesidad de ampliar la alfabetización de las nuevas generaciones desde las competencias tradicionales (lectura, escritura, matemáticas) a la capacidad de resolver problemas de gestión de información y comunicación, tales como buscar, evaluar, sintetizar, analizar y representar información en ambiente digital; así como tener la capacidad para compartir y colaborar con otros en estos nuevos entornos. Tedesco (2014), por su parte, recuerda la importancia que tienen estas competencias para ejercer la ciudadanía en el siglo XXI, pues permiten participar activamente en los circuitos por donde circula parte importante de la información socialmente significativa.

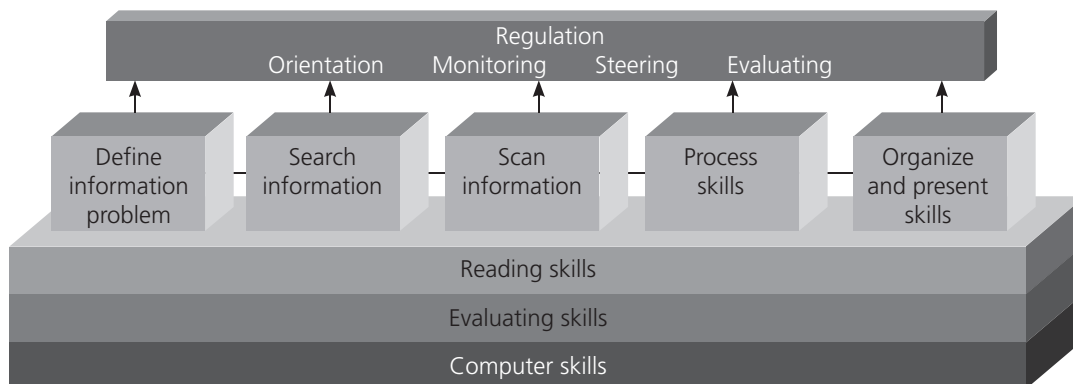
El problema es que el acceso a dispositivos que aseguren el acceso a estos entornos digitales es ciertamente condición previa para el desarrollo de las competencias, pero insuficiente para evitar que las brechas sociales sigan acrecentándose, tal y como el reciente estudio internacional ICILS, de evaluación de las competencias digitales en los alumnos de 15 años de edad, ha venido a documentar (Fraillon, J., Ainley, J., Schulz, W., Friedman, T. y Gebhardt, E. (2014). El citado estudio ha acreditado con pruebas internacionales la tesis de Van Dijk (2005), según la cual la distribución social de estas competencias es mucho más desigual que el acceso a los dispositivos digitales y, mientras que las brechas de acceso pueden ser reducidas con relativa facilidad a través de inversiones materiales (dispositivos y servicios), el desarrollo de las competencias descansa significativamente en los recursos cognitivos de los individuos (alfabetización lectora, contexto social y cultural), que están desigualmente distribuidos y son difíciles de desarrollar. Esto sugiere nueva-

mente la activa participación de la escuela en la promoción de las competencias digitales mencionadas, de lo contrario las diferencias sociales prometen acrecentarse, por más tecnología que se entregue a familias y escuelas.

El argumento de que estas competencias deben ser activamente promovidas en el contexto escolar no ha sido siempre así de claro. Hay conocidos promotores de la entrega masiva de computadores a los niños, como Nicholas Negroponte (2005) o Sugata Mitra (2010), que han popularizado la idea de que estas tecnologías les permitirían aprender por sí mismos, evitando incluso la necesidad de las escuelas tal como las conocemos. Por otra parte, el reconocimiento de que las nuevas generaciones han crecido de la mano de las tecnologías digitales (Presky, 2004) ha venido aparejado con la idea de que por este solo hecho han adquirido nuevas formas de pensar, aprender y relacionarse con el conocimiento. Estas visiones han generado muchas veces la percepción de que no sería necesario conducir ningún tipo de trabajo educativo orientado a desarrollar tales competencias, pues serían algo que los estudiantes adquirirían de manera automática en su contacto diario con la tecnología. Sin embargo, los datos muestran que esto no es suficiente y que deben ser intencionadas a través de experiencias educativas explícitamente orientadas a su formación. Por ejemplo, los resultados de una prueba de desempeño de competencias de gestión de información en ambiente digital aplicada en Chile en 2011 muestran que no más del 3% de los estudiantes tienen las competencias esperadas, en circunstancias en que el acceso y uso frecuente de computadores personales en los hogares y las escuelas supera con creces esa cifra. Otros estudios, como uno desarrollado en 2006 en varias universidades australianas, demuestran que no es posible asumir que todos los jóvenes cuenten con las competencias más básicas de manejo de las herramientas digitales (Kennedy, 2008).

En consecuencia, hoy es claro que estas competencias no se desarrollan por el solo hecho de usar la tecnología, y parece ineludible el rol que le cabe a la escuela en asegurar las experiencias educativas orientadas al desarrollo de las mismas, si se quiere que el acceso equitativo a la tecnología se traduzca efectivamente en una sociedad más igualitaria. Las pruebas empíricas muestran, sin embargo, que las escuelas no están haciendo este trabajo como corresponde. Al indagar con más detalle lo que ocurre en el interior de los centros educativos y en las prácticas de los estudiantes se puede observar que, aunque los docentes reconocen el rol de Internet como fuente de información para los trabajos escolares, confían en que los estudiantes saben cómo discriminar su contenido y sacar provecho para su aprendizaje, cosa que en la práctica solo los mejores alumnos pueden hacer, mientras que el resto recorre el camino más fácil de copiar y pegar lo primero que encuentran para cumplir con las demandas escolares.

Dada la importancia y complejidad de desarrollar estas nuevas competencias, se ha abierto un campo de estudio que busca entenderlas en profundidad y avanzar en estrategias que las promuevan. En particular, se han elaborado diversos modelos para describir los

Figura 3. **Modelo de competencias digitales *Information Problem Solving with Internet***

Fuente: Brand-Gruwel, Wopereis & Walraven, 2005.

procesos de resolución de problemas de información en ambientes digitales, como el que se muestra en la Figura 3, denominado *Information Problem Solving with Internet* (IPS-I), y que proponen cinco etapas para resolver los problemas de información en Internet (definir, buscar, examinar, procesar y organizar-presentar), realzando el hecho de que todo este proceso depende de manera importante de otras competencias (informáticas, evaluativas, de lectura y de autorregulación).

Aunque los diferentes modelos de los procesos de resolución de problemas de información en ambientes digitales tienen énfasis diferentes, en su mayoría coinciden en que son procesos secuenciales e iterativos, que contienen al menos tres etapas fundamentales (definir el problema de información; buscar y evaluar la información; y transformar el producto para hacerlo compatible con lo solicitado inicialmente) y que descansan fuertemente en competencias metacognitivas de los estudiantes, tanto para la planificación y monitoreo del proceso como para la evaluación del logro final y de cada una de las etapas.

Estos modelos han permitido entender la complejidad de estas competencias, identificar sus principales problemas y orientar el diseño de estrategias para su desarrollo. Asimismo, estos modelos nos recuerdan que, lejos de las visiones que tienden a confiar el desarrollo de estas competencias en la familiarización de los estudiantes con la tecnología, dichas competencias dependen de manera importante de otras capacidades personales que son el resultado de procesos educativos más amplios y de lenta maduración. Por tanto, para hacerse responsable del desarrollo de estas nuevas competencias, la escuela requiere de un trabajo educativo a largo plazo y enraizado en su quehacer formativo.

Sin embargo, no todas las intervenciones escolares parecen tener los mismos efectos. Por ejemplo, los estudios han mostrado que hay mejores resultados cuando los docentes estructuran el proceso de resolución del problema de información con etapas claras, que

permitan ir evaluando paso a paso la efectividad de la estrategia adoptada en función de los resultados obtenidos; y es importante que a lo largo de este proceso el profesor vaya orientando a los alumnos con instrucciones, retroalimentación, ejemplos y preguntas clave. Asimismo, esta estructura y orientación deberían ser más explícitas en los primeros años, debiendo dar más espacio y flexibilidad en la medida en que los estudiantes vayan adquiriendo autonomía. Por último, es recomendable que los trabajos o tareas solicitados estén integrados en el currículo y tengan objetivos claros y relevancia para los estudiantes.

Sin perjuicio de lo anterior, la mayoría de los profesores no parecen seguir aún estas recomendaciones y, aunque muchos solicitan tareas de investigación, lo hacen sin intervenir demasiado, delegando de alguna manera la enseñanza en la Internet, pues tienden a confiar en que sus contenidos son adecuados y a creer que los estudiantes tienen las competencias necesarias para buscar, filtrar y aprender solos en ese entorno. En otras palabras, aunque los profesores entienden que deben promover estas competencias y piden a los estudiantes trabajar con apoyo de la tecnología, no están haciendo todo lo que se requiere para desarrollarlas. El resultado de esta práctica es que los estudiantes tienen dificultades para buscar, evaluar y organizar la información.

Todo indica que no sirve seguir promoviendo un uso de Internet sin estructura y orientación adecuadas, que no evita que la mayoría de los estudiantes confíen en lo primero que encuentran para su tarea, así como tampoco les ayuda a evitar las distracciones propias de las redes (bajar música o chatear con sus compañeros). En cambio, se debe enseñar a hacer lo que se observa en los buenos alumnos, quienes saben enfocarse en la tarea y filtrar las distracciones que emergen del mundo digital; y saben que no todo lo que hay en Internet es confiable y, por tanto, se esmeran en hacer búsquedas que les den resultados más precisos y en evaluar y discriminar lo que es válido para sus propósitos.

Un buen ejemplo de cómo las escuelas pueden promover estas competencias es el del programa Badgeventure, que ofrece a las instituciones educativas una opción para promover en los alumnos las competencias digitales a través de proyectos en los que apoya de manera transversal diversos contenidos curriculares. El programa se inició en el año 2003 y está alineado a los estándares internacionales de la Universidad de Cambridge y del los NETS del ISTE. Hoy se utiliza en México, España, Guatemala, Honduras, República Dominicana y el Salvador. Al completar los tres niveles que ellos marcan, los alumnos tienen la oportunidad de obtener un certificado de la Universidad de Cambridge en el uso de la tecnología. Los alumnos deben desarrollar una prueba de aprendizaje por cada competencia que se desea desarrollar y, al finalizar, presentan un proyecto en el que deben aplicar las competencias en contenidos del currículo. Los docentes especialistas de cada materia se apoyan en el profesor de computación para el aprendizaje de las aplicaciones y herramientas tecnológicas propuestas. El programa no promueve ninguna herramienta tecnológica, sino que únicamente enseña al alumno las competencias para saber utilizar cualquier aplicación, sin importar la marca.

Ciencias: visualización, modelado y simulación

En las últimas décadas, debido a la importancia estratégica que cada vez más se concede a la ciencia y a la tecnología, los investigadores han comenzado a examinar, por una parte, lo que los estudiantes aprenden sobre ciencias en las escuelas y, por otra, de qué modo son capaces de aplicarlo a la realidad cotidiana. Para su sorpresa, incluso los estudiantes que acceden a las universidades prestigiosas muestran dificultades cuando se les pide ofrecer explicaciones científicas de fenómenos simples, como los que acontecen al lanzar una pelota al aire. Investigaciones semejantes y ampliamente replicadas muestran que, aunque los estudiantes pueden ser capaces de calcular correctamente fórmulas científicas, a menudo no entienden los conceptos que subyacen a esas mismas fórmulas.

Las aplicaciones que utilizan la visualización, el modelado y la simulación han demostrado ser poderosas herramientas para el aprendizaje de conceptos científicos. La literatura de investigación está llena de historias exitosas que han permitido a los estudiantes llegar a dominar conceptos que la mayoría de profesores generalmente considerarían demasiado sofisticados para su edad. Por ejemplo, utilizando diagramas dinámicos, es decir, imágenes que pueden moverse en respuesta a inputs distintos, se puede ayudar a los estudiantes a visualizar y a comprender las fuerzas subyacentes a diferentes fenómenos. La participación de los estudiantes en la discusión de simulaciones que modelan los fenómenos físicos, desafiando a veces las explicaciones intuitivas, también ha demostrado ser una estrategia pedagógica útil. Un ejemplo de esta posibilidad es ThinkerTools, un programa de simulación que permite a los estudiantes de secundaria visualizar los conceptos de velocidad y aceleración, entre otros. En experimentos controlados, los investigadores encontraron que los alumnos de secundaria que utilizan ThinkerTools desarrollaron la capacidad de dar explicaciones científicas correctas de los principios newtonianos varios cursos antes de cuando el concepto generalmente se enseña. Los estudiantes que participaron en ThinkerTools superaron a los restantes estudiantes de física de la misma escuela secundaria en su capacidad de aplicar los principios básicos de la mecánica de Newton a situaciones del mundo real, con la salvedad de que estos últimos tenían tres años más de escuela a sus espaldas. Los investigadores concluyeron que el uso de ThinkerTools pareció hacer la ciencia interesante y accesible a una gama más amplia de estudiantes que lo que es generalmente posible con enfoques más tradicionales.

Pero hay muchos más ejemplos. La aplicación Stella permite a los estudiantes de secundaria aprender la dinámica de un sistema de modelización de situaciones económicas, sociales y físicas mediante un conjunto de ecuaciones interactivas, algo que normalmente se aprende en la universidad. Otra aplicación utiliza versiones especiales de Logo, un lenguaje de programación diseñado especialmente para estudiantes, para ayudar a los de secundaria a aprender los conceptos que rigen los patrones del vuelo de las aves o del tráfico en la carretera, a pesar de que las matemáticas necesarias para entender estos conceptos no se enseñan normalmente hasta los estudios universitarios de posgrado.

También debe mencionarse la calidad y alcance de la red de creadores de simulaciones y programas con Scratch (los estudiantes intercambian códigos y aprenden unos con otros en red) y sus posibilidades para robótica cuando están conectados con interfaces que utilizan Arduino para mover y comandar motores, sensores, etc. Global Exchange llega a decenas de miles de estudiantes preuniversitarios cada año con visualizaciones del mapa del tiempo que permiten a los estudiantes llegar a razonar como los meteorólogos lo hacen. La investigación ha demostrado que los estudiantes que utilizan esta aplicación mejoran sustancialmente tanto en su comprensión de la meteorología como en sus competencias para la investigación científica.

En la práctica hay muchas experiencias dignas de mención que exploran multitud de avenidas para la innovación en la enseñanza de las ciencias. Por ejemplo, en Peñalolén (Chile) la clase de ciencias de 6.º básico se divide en tres momentos: introducción, experimentación y cierre. En la introducción, el profesor presenta los conceptos y el trabajo posterior apoyado en una pizarra interactiva; luego en la experimentación, los niños en grupos realizan una pequeña investigación guiada de preparación y después realizan un experimento con material concreto e interfaz datalog, conectados a tabletas con software que grafica el comportamiento de una variable del experimento; y finalmente en el cierre, los grupos comparten los resultados y el profesor explica con apoyo de la pizarra.

En Brasil es muy conocida una experiencia de enseñanza de las ciencias que parte de la ciencia forense, inspirándose en una serie de televisión estadounidense de éxito mundial: CSI. En esta experiencia en São Paulo, los contenidos de física, química, biología y matemática son enseñados partiendo de situaciones de ciencia forense inspirados en la serie televisiva. Los alumnos utilizan aparatos tecnológicos para la recolección y el análisis de datos, registran, discuten y publican ideas utilizando entornos colaborativos y grupos cerrados en redes sociales. En las experiencias participan todos los estudiantes del 9.º grado. De esta manera, los estudiantes aprenden ciencia de forma contextualizada y significativa, que traspasa también para discusiones sobre ética y aspectos morales. Mejoran su capacidad de colaborar, proponer y realizar experimentos, así como de razonar y argumentar científicamente.

En Colombia, para dar a conocer la flora existente en el Parque Ronda del Sinú, los estudiantes, con asesoría de los docentes, clasifican biológicamente cada una de las plantas de importancia regional que se encuentran a lo largo de la Ronda del Sinú, sobre la base de sus características botánicas; una vez identificadas, los estudiantes investigan en Internet y libros de botánica sobre estas plantas para corroborar que la primera clasificación taxonómica se realizó correctamente. Con la información recolectada por los alumnos, se procedió a crear una base de datos, donde se filtra la información más importante para crear las descripciones correspondientes en el software TextAloud, en no más de 370 palabras como máximo para una duración no mayor de 2,30 minutos. Con las fotos tomadas de cada planta se realizaron videos con el software Movie Maker, incorporando las descripciones previamente realizadas. Posteriormente, los videos se suben a Internet

para obtener sus correspondientes URL, los cuales fueron utilizados para generar los códigos QR respectivos, que llevan la información a los aparatos móviles y tabletas para ser consultados por los turistas y visitantes de la región en la Ronda del Sinú.

Matemáticas: anotaciones dinámicas y enlazadas

Como se sugirió anteriormente, hoy el reto fundamental de la educación matemática consiste en enseñar conceptos sofisticados a una población mucho más amplia que aquella que tradicionalmente los ha aprendido. Este desafío es prácticamente universal. No hace mucho tiempo, las matemáticas más simples (suma, resta, multiplicación y división) bastaron para casi todo el mundo, pero en la sociedad actual cada vez más gente está llamada a utilizar competencias matemáticas más avanzadas para razonar sobre la incertidumbre, el cambio, la evolución de los datos o las relaciones espaciales.

Aunque la búsqueda de estrategias para aumentar el abanico de competencias matemáticas que los estudiantes pueden aprender es incesante, los investigadores han encontrado que el paso de las notaciones matemáticas tradicionales basadas en papel (como símbolos algebraicos) a las notaciones que aparecen en pantalla (incluyendo no solo símbolos algebraicos, sino también gráficos, tablas y figuras geométricas) puede tener un efecto muy positivo. En comparación con el uso de papel y lápiz, que solo admite notaciones estáticas aisladas, el uso de la tecnología permite notaciones dinámicas y enlazadas, con varias ventajas útiles para los estudiantes, quienes gracias a ellas pueden:

- Explorar rápidamente los cambios en la notación, arrastrando puntos con un ratón o con sus propios dedos, a diferencia de tener que hacerlo mediante la reescritura, lenta y cuidadosamente, de los cambios.
- Ver inmediatamente los efectos de cambiar una notación en otra distinta, como por ejemplo al modificar el valor de un parámetro de una ecuación y ver cómo la gráfica resultante cambia su apariencia.
- Relacionar fácilmente los símbolos matemáticos, ya sea con datos del mundo real o por medio de simulaciones de fenómenos familiares, dando a las matemáticas un mayor significado.
- Recibir *feedback* cuando introducen una notación que es incorrecta (por ejemplo, a diferencia de lo que sucede con papel y lápiz, una aplicación puede emitir un pitido si un estudiante trata de esbozar una función matemática sin sentido en un gráfico, como bucles sin fin al definir dos valores de y diferentes para un mismo valor de x).

Por medio del uso de las notaciones dinámicas y enlazadas, el Proyecto SimCalc, por ejemplo, ha demostrado que la tecnología puede ayudar a los estudiantes de escuela media en algunos de los entornos urbanos más difíciles a aprender conceptos de cálculo, como son los de porcentaje, acumulación, límite o valor medio. Estudios de campo en

distintos entornos sobre los resultados de SimCalc demostraron que muchos alumnos de secundaria fueron capaces de superar a estudiantes universitarios en su comprensión de los conceptos fundamentales del cálculo basados en el razonamiento, aunque no, obviamente, en la notación compleja. Según los investigadores, la estrategia docente de fomentar el razonamiento de los estudiantes al discutir los efectos en gráficos de los cambios en las notaciones es la innovación central responsable de este avance.

Otro ejemplo de una aplicación que usa notaciones dinámicas y enlazadas es Geometer's Sketchpad, una herramienta para explorar construcciones geométricas directamente en pantalla, ya sea de un computador o de una tableta. Otro ejemplo es Geogebra, muy potente, fácil de utilizar, gratuito y con versiones para tabletas. Este tipo de aplicaciones están revitalizando la enseñanza de la geometría a los estudiantes de secundaria. Las calculadoras gráficas, ahora bajo la forma de aplicaciones disponibles incluso en las tabletas, que están llegando a millones de nuevos estudiantes cada año, son menos sofisticadas que algunas de las aplicaciones disponibles para computadores de sobremesa, pero pueden mostrar álgebra, gráficos y tablas y, lo que es más importante, cómo cada una de estas notaciones representa el mismo objeto matemático. Mediante el uso de estas herramientas, se está consiguiendo una expansión de la alfabetización matemática en un número cada vez mayor de escuelas.

Más allá de las notaciones, la tecnología puede jugar un papel crucial en el acercamiento de los estudiantes de edad temprana a las matemáticas y su descubrimiento. En una experiencia en Valparaíso (Chile), niños de párvulo y básica trabajan en duplas siguiendo una actividad de un programa especialmente diseñado para tabletas orientadas a trabajar habilidades lógico-matemáticas. Esta actividad es parte de una planificación mayor, que tiene varios momentos. Finalmente, en el aula hay dos estaciones, una trabajando con representaciones número-cantidad con material concreto; y otra trabajando representaciones simbólicas en las tabletas. Se trata, pues, de una experiencia interesante por un diseño integral de una actividad de varias etapas, que considera en una de ellas el uso de recursos digitales en formato adecuado para niños pequeños. El uso de objetos de aprendizaje adecuados cumple un rol pertinente en el acercamiento de los niños a las entidades matemáticas básicas.

Aprender a programar para pensar mejor

Se estima que en los próximos 10 años se necesitará cubrir unos 4 millones de puestos de trabajo relacionados con la programación; sin embargo, se estima que para entonces solo habrá unos 400.000 graduados cualificados para esos puestos de trabajo. Aunque estos cálculos bastarían por sí solos para demandar un mayor interés escolar en el aprendizaje de la programación, lo cierto es que su popularidad en muchos países ha ido creciendo también por otra razón: porque, como decía Steve Jobs (Apple Computer), aprendiendo a programar se aprende a pensar mejor.

Lo verdaderamente relevante es el aprendizaje del denominado «pensamiento computacional» que, de acuerdo con ISTE (International Society for Technology in Education) y CSTA (Computer Science Teachers Association), es un proceso que incluye, entre otros elementos: analizar problemas, organizar y representar datos de manera lógica, automatizar soluciones mediante pensamiento algorítmico, usar abstracciones y modelos, comunicar procesos y resultados, reconocer patrones, generalizar y transferir. Así definido, está claro que el pensamiento computacional se aplica en diferentes contextos: desde el proceso de escritura hasta un proyecto de ingeniería.

En la década de 1980, Seymour Papert ya promovió esta enseñanza a través de un lenguaje específicamente diseñado para los niños y que se hizo muy popular: Logo. Se trata de un entorno en el cual los alumnos debían escribir instrucciones para programar los movimientos de una pequeña tortuga en la pantalla, que luego podían enviarse a mecanismos o robots externos; sin embargo, la interfaz poco atractiva de las versiones gratuitas y el costo de las versiones multimedia, como MicroMundos, hicieron que este programa poco a poco fuera sustituido por la enseñanza de aplicaciones de productividad.

Pero hoy en día el interés por la enseñanza de la programación ha renacido. En Europa, siguiendo la estela de Estonia, país pionero en este ámbito, Inglaterra inició en el curso 2014 un vasto programa para el aprendizaje de la programación en la escuela a partir de los 7 años de edad. Algunos países en América Latina, como Costa Rica, cuentan también con una larga tradición en este campo y es previsible que en los próximos años otros países decidan incorporar la programación al currículo escolar. En Estados Unidos se ha hecho un esfuerzo de gran impacto en este tema de programación a través de la organización sin fines de lucro code.org. Esta organización ha logrado el apoyo de personalidades tales como Barack Obama, presidente de Estados Unidos, Bill Gates, fundador de Microsoft, Mark Zuckerberg, fundador de Facebook, Bill Clinton, expresidente de Estados Unidos, y Randi Weingarten, presidente de la Federación Americana de Profesores. Actualmente cuenta con una campaña a nivel mundial enfocada a alumnos de todas las edades, padres de familia, maestros, directivos, etc., para que participen en «La Hora del Código» <http://hourofcode.com/us>. El objetivo de esta campaña es llegar a millones de estudiantes en más de 180 países con más de 30 idiomas para que se den cuenta de lo fácil que es programar y de las ventajas educativas de hacerlo. Otras iniciativas de este movimiento son: Coderise.org (su objetivo es enseñar a los alumnos de países en desarrollo a construir aplicaciones web); CodeClub (red británica de voluntarios que enseñan a programar a estudiantes de 9 a 11 años después de la jornada escolar); Code-to-learn (enfocada a jóvenes que presentan proyectos que integren la programación creativa y que fomenten la innovación); ScratchEd (una comunidad en línea en la cual los usuarios que trabajan con Scratch pueden compartir experiencias de aula, intercambiar recursos, formular preguntas o encontrar a otros docentes; y Codecademy (para enseñar a crear sitios web interactivos, juegos divertidos y aplicaciones móviles).

Un buen ejemplo de este uso lo constituye el programa de robótica pedagógica que se imparte desde 2007 en los 55 colegios que forman parte de la red *Semper Altius* en México en el nivel de secundaria. El objetivo es la resolución de retos por equipos para que los alumnos programen su solución haciendo uso de diversos robots. Es una iniciativa que permite formar a los alumnos para competir internacionalmente en foros de robótica con un aprendizaje que se basa en retos que debe resolver de manera colaborativa, donde cada uno de ellos participa y es un elemento clave de la solución. Los alumnos desarrollan así competencias como el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo y la solución de problemas en diversas áreas del conocimiento: matemáticas, ciencias experimentales, tecnología y ciencias de la información y la comunicación, etc.

Pero también es posible aplicar estos mismos principios al desarrollo de juegos por parte de los mismos estudiantes. En la Escola Municipal de Ensino Fundamental Rivadavia Marques Junior, los alumnos crean juegos para solucionar problemas de la propia escuela. Empezó hace tres años con alumnos monitores de los grados 7 a 9 produciendo juegos para contribuir a la alfabetización de alumnos de primer grado. Los docentes indican qué tipo de juegos necesitan. Actualmente involucra a toda la escuela en juegos creados con PowerPoint, Hotpotatoes, JClick y Scratch. Se trata de una experiencia premiada a nivel mundial por Microsoft.

Estudios sociales, lengua, artes y humanidades

A diferencia de las ciencias y las matemáticas, el avance de la tecnología en otras áreas aún tiene que cristalizar en tipos fácilmente identificables de aplicaciones. Sin embargo, se ha demostrado que son posibles avances similares en estas áreas. Por ejemplo, el juego *SimCity*, de gran éxito comercial (que es más una simulación interactiva que un juego de vídeo tradicional), se ha utilizado para enseñar a los estudiantes geografía y planificación urbana. Existen igualmente aplicaciones que permiten a los alumnos diseñar la coreografía de una escena de una obra de Shakespeare o explorar películas clásicas, como *Ciudadano Kane*, desde múltiples puntos de vista para aumentar su capacidad de considerar interpretaciones literarias alternativas. Así, por ejemplo, en el proyecto *Perseo*, los estudiantes cuentan con acceso a un entorno innovador de aprendizaje multimedia para explorar documentos y artefactos culturales de civilizaciones antiguas. Existen también aplicaciones parecidas para las clases de artes.

Aunque hay muchos menos estudios sobre la eficacia del uso de la tecnología en estos otros ámbitos disciplinarios, un estudio reciente documentó la experiencia de dos clases de sexto grado que participaron en un proyecto de estudios sociales sobre la colonización española de América Latina. El estudio encontró que los estudiantes que utilizaron tecnología para crear una presentación multimedia sobre lo que habían aprendido puntuaron significativamente más alto en una prueba posterior que los miembros de la otra clase de sexto grado que completaron una unidad basándose exclusivamente en los libros de texto

sobre el mismo tema. Otro estudio examinó la efectividad del uso de los libros de cuentos interactivos para desarrollar habilidades básicas en el aprendizaje de la lengua y encontró que los estudiantes de primer grado que utilizaron esta estrategia mostraron ganancias significativamente mayores en comparación con los que recibieron solo enseñanza tradicional. En Chile, por ejemplo, en Puente Alto, se llevó a cabo una experiencia con un proyecto interdisciplinario (Lenguaje y Comunicación, Comprensión del Medio y Educación Artística) desarrollado en 4.º básico, que busca la comprensión y valoración de la vida de los pueblos originarios del país. Los alumnos, en grupos, investigaron y crearon una historia sobre un pueblo originario, que luego dramatizaron y grabaron en vídeo, el cual después de ser editado fue presentado a la clase. Los profesores reportaron un mejoramiento del rendimiento académico de los estudiantes en los sectores involucrados, la disminución significativa de inasistencias, el desarrollo de competencias tecnológicas para el uso de software online y procesador de textos. En una escuela en São Paulo (Brasil), los propios estudiantes elaboran proyectos de intervención social pasando por distintas etapas: identificación de problemas, investigación, contacto con especialistas, discusión de propuestas de solución y mejoría de ideas, todo basado en el entorno colaborativo Edmodo. Todo el proceso está orientado por docentes del noveno curso. Esta experiencia pone de manifiesto que es posible dar a los estudiantes un rol de autores y ponerlos en contacto con temas de democracia, justicia social y soluciones de problemas de forma contextualizada, desarrollando proyectos colaborativos e involucrando a varios docentes simultáneamente cuando la tecnología sirve como herramienta para convertir en visible el pensamiento.

En el área específica de la lengua, las experiencias también son prometedoras. En São Paulo (Brasil) existen proyectos de innovación en la enseñanza del portugués, en los que se trabajan contenidos de lengua portuguesa (géneros literarios) de segundo grado, de forma que los estudiantes tienen un rol muy activo, son también productores, se involucra a las familias, se hacen autoevaluaciones y se generan productos colectivos. Además de competencias de lectura y escritura, desarrollan competencias TIC. De nuevo en Chile, pero en este caso en La Reina, para promover el interés y la participación de los estudiantes de 5.º básico en una clase de lenguaje y comunicación sobre los montajes teatrales, el profesor se apoya en una pizarra interactiva, en un panel manual y en un sistema de respuesta masiva (teclados de participación). De esta forma, utilizando diversos recursos audiovisuales (vídeos, objetos de aprendizaje) y estrategias didácticas para trabajar con la clase completa, involucra a los alumnos en el repaso de la materia y su evaluación. Los profesores reportaron que, al usar de esta manera las TIC, se logra mayor atención, entusiasmo y motivación de los estudiantes; y que se enriquece y agrega valor educativo a la clase. Cabe señalar que los resultados del colegio en las pruebas nacionales han mejorado sostenidamente en los últimos años.

En un proyecto innovador, los estudiantes de primaria y secundaria usaron la aplicación Tuneblocks, una versión musical del lenguaje de programación Logo, para cantar, tocar instrumentos y componer. Diversos estudios muy interesantes sobre esta experiencia

demuestran cómo el uso de la aplicación Tuneblocks permite a los alumnos aprender conceptos musicales abstractos como la frase, la figura y la métrica, conceptos que normalmente se enseñan en las clases universitarias de teoría de la música. En otro ejemplo, empleando una herramienta llamada Hypergami, los estudiantes de arte pudieron planificar complicadas esculturas matemáticas en papel. Las experiencias con Hypergami han producido avances significativos en los alumnos en razonamiento espacial acreditados por pruebas externas.

En este mismo ámbito de la educación musical, en Nariño (Colombia) se desarrolló un proyecto en torno a la producción musical, entendida como una serie de procesos que abarcan desde la propia creación de la idea musical hasta su plasmación en un soporte de grabación. Cabe anotar que el centro escolar no contaba con ninguna herramienta adecuada o sala de música, ni mucho menos una sala de grabación; así que los estudiantes, guiados por el docente, se ponen a la tarea de investigar cómo lograr su producción; dónde convergen las otras áreas como matemáticas, lenguaje, historia como apoyo a la propuesta; indagando sobre las herramientas que requieren tanto técnicas como tecnológicas. Según las condiciones del contexto, buscan en la comunidad educativa herramientas e instrumentos como amplificadores, desarrollan un primer software, fortalecen uno de los equipos como una tarjeta de sonido y articulan los mismos con los primeros equipos donados por CPE. El proyecto de aula en TIC lleva a los estudiantes a hacer uso avanzado de software para grabación digital, adobe audition 2.0, cake walk, protools, interfaz de grabación, procesador de texto musical y entrenadores de audio, youtube y goear. El uso multimedial en esta experiencia ha tenido vital importancia para el acercamiento y aprendizaje de la tecnología en los estudiantes de esta institución educativa rural, que no se centran únicamente en el uso del computador, sino en cámaras digitales, iPods, iPads, entre otros medios tecnológicos e informáticos para producir sus propios discos; y trabajan para proponer no solo el manejo de los programas antes mencionados, sino para poner en práctica la creatividad en el uso de herramientas y programas libres en la web. A partir de las necesidades derivadas del proyecto, el docente fortaleció sus competencias, lo que le permitió posteriormente profundizar y potencializar sus conocimientos para guiar a los estudiantes en el proceso de producción musical; se logró motivar a toda una comunidad educativa en torno al proyecto propuesto por los estudiantes, desarrollar proyectos de vida, así como fortalecer competencias profesionales en los estudiantes desde la apropiación de tecnologías para la producción y el desarrollo de música. Los estudiantes han participado en concursos musicales a nivel local y municipal, y los han ganado, y los padres de familia se han involucrado en el proceso, comprendiendo que la música es un arte, una opción de vida y que también contribuye al proceso de aprendizaje de sus hijos.

Finalmente, en el caso específico del aprendizaje de idiomas extranjeros, las experiencias serían igualmente innumerables. Así, por ejemplo, de nuevo en Chile, es muy frecuente el uso de la tecnología para la enseñanza del inglés, especialmente en la retroalimentación personalizada e inmediata de la pronunciación, cosa que es virtualmente imposible sin

este tipo de apoyo. En La Pintana, en Santiago, la profesora de inglés utiliza una plataforma de apoyo a la enseñanza de este idioma como segunda lengua en niños de 5.º básico, en el laboratorio de computadores. Se realiza trabajo personalizado tanto para escuchar como para hablar inglés. Gracias a que incluye corrección inmediata, la mejora de la pronunciación es ostensible.

4

Conclusiones y recomendaciones

El panorama anterior solo proporciona un esbozo de algunas de las muchas aplicaciones de la tecnología que pueden contribuir a enriquecer los diseños pedagógicos como ningún otro recurso lo haría. Pero la simple adquisición de computadores y tabletas, y disponer de un banda ancha para el acceso a Internet, no será nunca suficiente para conseguir replicar estos ejemplos en un gran número de centros o de aulas, ni tampoco conducirá automáticamente a la emergencia de más diseños innovadores de aprendizaje. Como se acaba de ver, los modelos de uso de la tecnología que funcionan combinan con éxito la introducción de herramientas y contenidos digitales con nuevos métodos de enseñanza y nuevas estructuras organizativas. Dado que los sistemas educativos son organismos o, más precisamente, sistemas complejos con multitud de elementos íntimamente interconectados, difíciles de pilotar y de transformar, los esfuerzos para cambiar un solo elemento, una única pieza del rompecabezas –como el uso de la tecnología para apoyar el cambio pedagógico– cuentan con más probabilidades de tener éxito si los restantes elementos interdependientes son también objeto de transformación.

Factores críticos para promover el cambio pedagógico

La cuestión del uso de la tecnología como una ventana de oportunidad para transformar la educación no es ni simple ni banal. Hay muchos tipos de tecnología y muchos modos de utilizarla en los que un intento de integración puede fallar. Desde una perspectiva política, sería deseable disponer de medidas claras y ampliamente generalizables de efectividad antes de comprometerse con inversiones continuas en tecnología. Tales datos podrían tomar la forma «para cada x% de incremento del presupuesto escolar asignado a la tecnología, el aprendizaje del estudiante mejorará en un y%». Desafortunadamente, nada más lejos de la realidad, porque la investigación existente no llega a proporcionar este tipo de medidas claras de eficacia de los esfuerzos de integración de

la tecnología en el aprendizaje, ni lo hará nunca (Warschauer y Matuchniak, 2010). Aun así, muchos responsables políticos, familias y profesores se movilizan rápidamente para introducir la tecnología en el aula, confiando en ella como en una ventana de oportunidad para que los estudiantes aprendan más, mejor y distinto (Pedró, 2012b). El reto es cómo asegurar que esta tecnología se utilice eficazmente para mejorar cómo y qué aprenden los estudiantes.

Para ayudar a informar a las decisiones futuras tanto a escala de centro como de sistema, se necesitan más exploraciones de los usos efectivos de la tecnología, particularmente en los distintos contextos escolares. La continuidad de las exploraciones para la mejora educativa debe comprender desde la investigación básica sobre el aprendizaje con tecnología hasta la investigación aplicada, en particular con relación a la orquestación didáctica para considerar también los aspectos prácticos en el aula. Esta es, por ejemplo, la aproximación de las «Aulas Fundación Telefónica» (AFT): un proyecto de inclusión social digital que propicia una cultura de innovación, fomentando el uso educativo de las (TIC) en escuelas públicas y hospitales en Perú. Una modalidad es Aula Móvil, que se desarrolla en zonas rurales y urbanas marginales, contempla equipamiento, recursos digitales, formación y acompañamiento, y se sistematizan las buenas prácticas. Esta intervención parte de permitir el acceso a la tecnología, pero con un componente fuerte de formación y acompañamiento, que permite garantizar su uso y empoderar a los docentes, visibilizando y premiando sus buenas prácticas en el aula y creando comunidades virtuales.

Estas exploraciones, ya sean llevadas a cabo por las escuelas, los propios profesores a escala individual, investigadores universitarios o consultores, deben ser ejecutadas con un componente de investigación reflexiva para que los conocimientos adquiridos se puedan añadir a la base racional usada para tomar decisiones eficaces.

Pero todo esto no significa que no exista ya una base de conocimientos suficientemente sólida, aunque siempre mejorable. En particular, las evaluaciones sistemáticas de escuelas que han llevado a cabo procesos de transformación pedagógica importantes proporcionan información útil sobre la dinámica del cambio significativo y el papel que puede desempeñar la tecnología en este proceso. En concreto, hay siete componentes que aparecen reiteradamente como factores críticos para tener éxito con la aplicación de la tecnología para promover el cambio pedagógico. Son los siguientes:

1. Promover el aprendizaje activo, interactivo y cooperativo.
2. Ofrecer una mayor personalización del aprendizaje.
3. Reformar el currículo con un enfoque competencial.
4. Evaluar los aprendizajes de forma consistente con los objetivos.
5. Adoptar una aproximación sistémica a la gestión del cambio pedagógico.

6. Desarrollar un liderazgo pedagógico potente
7. Apoyar a los profesores

Cada uno de estos factores críticos se examina más detalladamente a continuación.

1. Promover el aprendizaje activo, interactivo y cooperativo

Actualmente se sabe mucho más acerca de cómo aprenden los estudiantes que un siglo atrás. Se sabe que, para optimizar el aprendizaje, se precisa poder orquestar los recursos óptimos con el fin de generar procesos de colaboración, interactivos y contextualizados (Oliver, 2013). Hay una gran cantidad de investigaciones que acreditan que el aprendizaje orientado al desarrollo de competencias por medio de tareas o proyectos complejos, particularmente cuando precisa de la colaboración entre estudiantes y está bien diseñado, con una adecuada orquestación de los recursos, es una herramienta eficaz para que los alumnos adquieran competencias de investigación y, más en general, otras competencias relacionadas con el procesamiento de la información. Sin embargo, para que esta aproximación tenga un efecto positivo en la construcción de conocimiento, los estudiantes deben poder conectarse a fuentes de información cuidadosamente estructuradas que puedan informar el proceso de resolución de problemas en el momento apropiado.

2. Ofrecer una mayor personalización del aprendizaje

Existen muchos datos a nivel internacional que muestran que la forma más eficaz de mejorar los resultados pedagógicos de una clase, de un centro o de un país es tener una aproximación pedagógica individualizada a los alumnos de bajo rendimiento o con dificultades escolares, como lo es también para dar salida a las distintas necesidades de los estudiantes con mayor capacidad académica. En el tratamiento pedagógico individualizado de estos estudiantes, cuando cada uno de ellos dispone de actividades en soporte digital al tiempo que el profesor está a su lado, cada estudiante avanza a su propio ritmo y el progreso del grupo-clase se hace más evidente (Tamim, Bernard, Borokhovski, Abrami y Schmid, 2011). Este hallazgo pone de manifiesto el poder de un enfoque pedagógico centrado en la actividad del alumno y soportado por la tecnología. En un entorno en el que cada estudiante trabaja a su propio ritmo, cada estudiante puede tomar el tiempo necesario para completar las actividades y acreditar el progreso esperado.

La instrucción individualizada es quizá el modelo de uso más importante y más acreditado como exitoso de la tecnología en educación (Hsu *et al.*, 2012). Ya sea para promover el aprendizaje remedial o para profundizar en el desarrollo de determinadas competencias, la instrucción individualizada permite que los estudiantes aprendan a su propio ritmo y lo hagan a partir del punto de entrada correcto. Las aplicaciones de aprendizaje basadas en tecnología ofrecen oportunidades casi ilimitadas para la personalización. Si un método no funciona para un estudiante, se pueden valorar fácilmente las alternativas que se adapten

mejor al estilo de aprendizaje o a la experiencia individual del alumno. Debido a que los estudiantes toman el control activo de su aprendizaje, tienen más probabilidades de permanecer en su tarea. En un aula soportada por tecnología, el profesor tiene más tiempo para la atención personalizada y hacer frente así a los retos educativos más difíciles. El efecto de una transformación tecnológica semejante sería similar a la de una reducción del tamaño de la clase de 30 a 10 estudiantes en términos de aumento de disponibilidad de tiempo del profesor para cada uno de los alumnos, dicho con otras palabras, el tiempo disponible para la interacción individual se triplica (Darling-Hammond *et al.*, 2014).

3. Reformar el currículo para darle un enfoque competencial

Dada la presión social para que las personas aprendan más que nunca, es particularmente importante explorar la contribución de la tecnología a las reformas curriculares que buscan extender aprendizajes de competencias complejas a un mayor porcentaje de los estudiantes que décadas atrás. El tipo de currículo que una escuela adopta tiene un impacto significativo en las posibilidades de que la tecnología y los recursos digitales se puedan integrar de manera efectiva en el aula y fuera de ella. Por un lado, muchas familias y profesores creen que los estudiantes deben dominar las competencias más básicas antes de ser expuestos a contenidos más desafiantes y, según esta concepción, la tecnología puede ser utilizada para apoyar aquellos aprendizajes que pueden adquirirse por medio de la ejercitación repetitiva. Pero, por otro lado, son muchos los investigadores que argumentan que la forma más eficaz de promover el aprendizaje es insertar el desarrollo de competencias básicas dentro de la exigencia de llevar a cabo tareas más complejas. Desde esta perspectiva se aboga por la adopción de un currículo que ambicione la adquisición de habilidades de orden superior junto con las habilidades básicas de decodificación y mecánica del lenguaje, así como del cómputo. Debido a que la tecnología ha sido más eficaz cuando se utiliza para apoyar el aprendizaje de estas habilidades y conceptos más complejos, es más fácil de integrar con mayor eficacia en un currículo que adopte este enfoque que no en uno tradicional (Hew y Brush, 2007).

4. Evaluar los aprendizajes de forma consistente con los objetivos

Uno de los mayores obstáculos para la introducción eficaz de la tecnología en el aula es la falta de coincidencia entre el contenido de muchas de esas evaluaciones y los tipos de aprendizaje de orden superior que pueden ser mejor soportados por la tecnología. Este desajuste conduce a que haya menos tiempo disponible para el aprendizaje de competencias de orden superior y menos apreciación del impacto que las estrategias pedagógicas que incorporan la tecnología puedan tener en el aprendizaje. El tiempo dedicado a la preparación de los estudiantes para rendir bien en exámenes de cálculo, vocabulario o inglés es tiempo que no puede dedicarse a otros aprendizajes más complejos y consonantes con las necesidades y expectativas contemporáneas.

En este sentido, es importante prestar la adecuada atención a la evaluación y graduación de las competencias digitales en la escuela, desde el manejo de información hasta la ciudadanía digital, desde los niveles básicos. Algunos países, como por ejemplo Australia o Chile, han introducido exámenes estandarizados que permiten identificar el nivel en que se encuentran los alumnos en estas competencias.

Por otra parte, será difícil, si no imposible, llegar a demostrar la contribución de la tecnología al desarrollo de competencias más complejas sin nuevos tipos de evaluaciones (Watson y Watson, 2011). Como se señaló anteriormente, en comparación con sus compañeros que se introdujeron en el mundo del álgebra por medio de métodos convencionales, los estudiantes de secundaria que utilizaron la tecnología en el marco de una estrategia pedagógica que les invitaba a racionalizar y a aplicar lo aprendido rendían mucho mejor en las pruebas que hicieron hincapié en su capacidad de pensar creativamente acerca de un problema complejo en un periodo de tiempo más largo, pero mostraron solo una pequeña ventaja comparativa en las pruebas estandarizadas que no miden adecuadamente este tipo de pensamiento de orden superior (Bottge *et al.*, 2006). A pesar de que es un verdadero reto, el desarrollo de formas de medir la comprensión de conceptos complejos y habilidades de pensamiento de orden superior debe convertirse en una prioridad.

5. Adoptar una aproximación sistémica a la gestión del cambio pedagógico

La incorporación exitosa de tecnología en la escuela requiere una serie de intervenciones coordinadas para mejorar planes de estudio, evaluación, desarrollo de los profesores y todas las demás piezas del rompecabezas de la educación. Probablemente se haya hecho poco hasta el momento para aprender de aquellos centros escolares que se esfuerzan por colocar todas estas piezas del rompecabezas en su lugar y lo consiguen.

En el caso concreto de las experiencias 1 a 1, parece claro que el componente de acompañamiento docente en el marco de una aproximación sistémica es crucial. Por ejemplo, el Proyecto San Luis Digital, en Argentina, se inició en 2008 impulsando el modelo 1 a 1 en las escuelas de la provincia de San Luis mediante la introducción de tecnologías en el aula (computadoras con software de apoyo escolar especialmente diseñadas para los alumnos de primaria), la incorporación de mentores como acompañantes especializados para facilitar el uso de computadoras, el acceso al aula virtual y a los contenidos digitales. La experiencia se ha hecho conocida internacionalmente en tanto ha involucrado la acción concertada de gobierno, universidad y escuelas, la dotación de servicios (banda ancha) y equipos, junto a la capacitación y el soporte con contenidos digitales (portal todas las escuelas en la red). Se acompaña de una fuerte inversión en mayor conectividad, más estabilidad y ancho de banda a la autopista de información de toda la provincia.

No todas las escuelas están igualmente predispuestas a utilizar la tecnología para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Para poder sacar partido del potencial que la tecnología

les puede ofrecer en este proceso, las escuelas necesitan desarrollar su capacidad de gestionar el cambio de forma que todos los actores implicados puedan responder a los desafíos que aparecerán. Por lo tanto, los centros escolares que quieran explorar seriamente el potencial de la tecnología para mejorar los aprendizajes de los estudiantes deben empezar por preguntarse si lo hacen para seguir trabajando como siempre o si quieren transformar los procesos de enseñanza y aprendizaje. Y, en este caso, si realmente están capacitadas para gestionar semejante cambio.

6. Desarrollar un liderazgo pedagógico potente

La capacidad de liderazgo es crítica para que la integración de la tecnología tenga éxito (Lynne Schrum y Glassett, 2006; L. Schrum *et al.*, 2007). Para que el cambio pedagógico soportado por la tecnología sea sistémico y sostenible en el tiempo debe ser modelado y defendido por quienes ostentan la responsabilidad del liderazgo pedagógico en el centro escolar. De sobra es sabido que el liderazgo pedagógico es esencial para conseguir escuelas eficaces. En particular, un buen liderazgo pedagógico influye decisivamente en el desarrollo profesional de los profesores del centro. La calidad del liderazgo tiene un gran impacto sobre el uso de la tecnología en la escuela y su capacidad de llegar a hacer posibles cambios pedagógicos que conduzcan a mejores resultados de los estudiantes. Muchos educadores están de acuerdo en que es imposible que su escuela mejore más allá de lo que permiten las capacidades de quienes tienen la responsabilidad de ejercer el liderazgo en ellas.

La medida en que los líderes escolares sean capaces de guiar el proceso de desarrollo profesional de los docentes para mejorar sus competencias en el uso pedagógico de la tecnología tendrá implicaciones en términos de tiempo, costes y resultados (Aguerrondo y Lugo, 2010). En este ámbito, un líder pedagógico debería ser capaz de:

- transmitir una visión y modelo pedagógico precisos, exigentes y factibles;
- generar una masa crítica de profesores comprometidos con ellos;
- activar el tiempo de colaboración docente;
- activar el desarrollo profesional en línea;
- desarrollar estrategias de gestión del cambio pedagógico entre el equipo docente, y
- activar regularmente oportunidades de desarrollo profesional para los profesores, en particular para la planificación, la colaboración y el intercambio de información sobre las prácticas pedagógicas.

En suma, los profesores que tienen éxito en el uso de la tecnología a menudo lo consiguen tras hacer cambios sustanciales en su metodología didáctica. Sin embargo, es difícil que logren hacerlo sin el apoyo y el compromiso de los líderes escolares, porque tales cambios demandan una inversión importante de esfuerzo individual que tiene que ser acompañado adecuadamente.

7. Apoyar a los profesores

Este último punto es crucial. Numerosos estudios acreditan que el uso de la tecnología es más común en aquellas escuelas donde los profesores tienen tiempo suficiente para intercambiar con sus colegas y tienen más oportunidades de visitarles en sus aulas en tiempo lectivo (Wenglinsky, 2005). Estos estudios sugieren igualmente que la relación entre el uso de la tecnología y la reforma de la educación es recíproca: aunque el uso de la tecnología es una ventana de oportunidad para el cambio escolar, los esfuerzos de transformación pedagógica de la escuela también ayudan a apoyar un uso eficaz de la tecnología.

Identificando el problema

En definitiva, el uso efectivo de la tecnología en el aula requiere mayores oportunidades para que los profesores aprendan cómo hacerlo. Y esto, en la actualidad, tiene mucho menos que ver con el saber servirse de la tecnología que con cómo aplicarla a los procesos de enseñanza y aprendizaje (Greaves Group, Hayes Connection y One-to-One Institute, 2010).

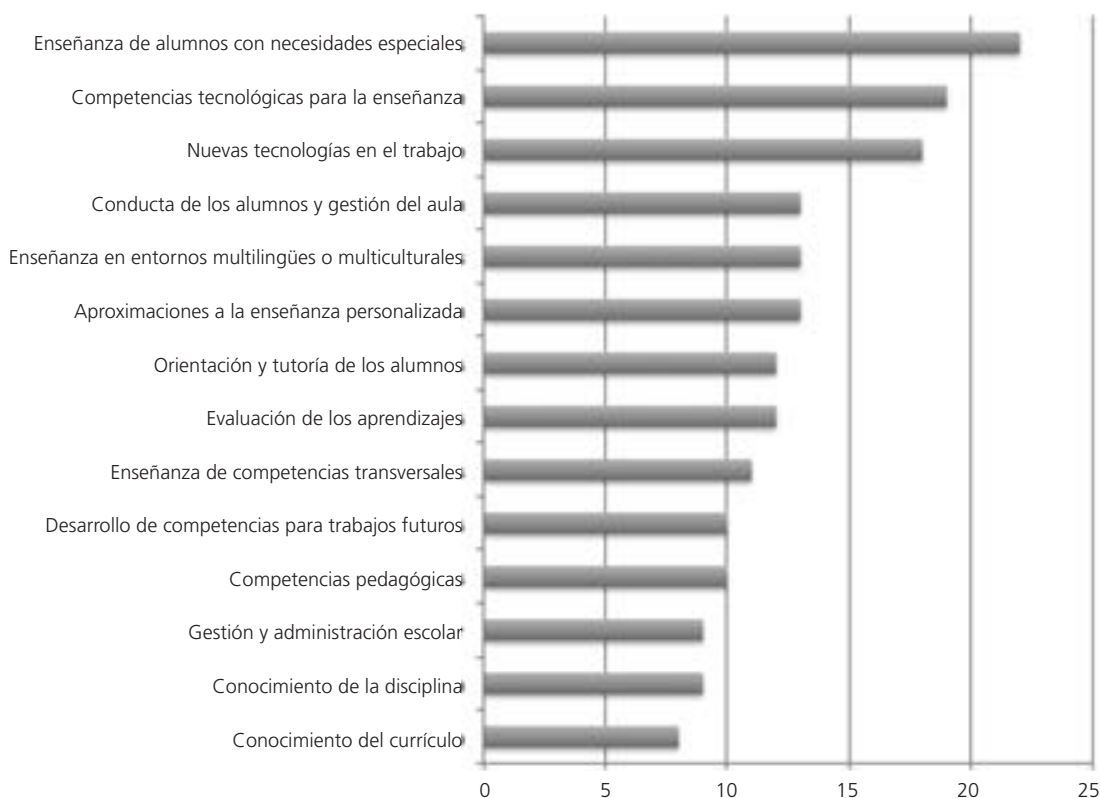
Múltiples estudios demuestran que la habilidad del profesor para ayudar a los estudiantes depende no solo de su dominio de los contenidos, sino también de su didáctica, es decir, de las estrategias de enseñanza y aprendizaje que incluyen la orquestación óptima de los recursos disponibles, cualquiera que sea su naturaleza (Teo y Noyes, 2010). La tecnología es, en este sentido, un recurso más, extremadamente polivalente. Numerosos estudios vinculan, en este sentido, el éxito de las estrategias docentes de orquestación que incorporan tecnología a las oportunidades que tienen los profesores de desarrollar sus competencias pedagógicas (Lawless y Pellegrino, 2007). Sin embargo, los profesores generalmente están obligados a dedicar casi todo su tiempo a la preparación y a su ejercicio en solitario, y les queda poco tiempo disponible para la formación y el apoyo profesional en el aula.

En este mismo sentido resultan muy ilustrativos los resultados del Programa TALIS de la OCDE, que investiga, entre otras cosas, las necesidades de formación y desarrollo profesional que los docentes (secundaria inferior) perciben como todavía no atendidas adecuadamente. El gráfico siguiente acredita que, incluso en algunos de los países más avanzados, la segunda y la tercera áreas que los docentes consideran menos atendidas tienen que ver con la tecnología. En efecto, se trata, en primer lugar, de las competencias para el uso pedagógico de la tecnología y, en segundo lugar, del uso de la tecnología en el propio lugar de trabajo, por ejemplo, para la gestión de los materiales o administrativa del aula.

Una aproximación gradual al desarrollo de las competencias docentes para el uso pedagógico de la tecnología

Cómo se llega a dar salida a las necesidades de desarrollo de las competencias docentes para promover un uso pedagógico transformador de la tecnología requiere probable-

Figura 4. Necesidades de desarrollo profesional, por orden de prioridad, de los docentes (2012)



Fuente: Base de datos TALIS de la OCDE, 2014

mente una aproximación gradual e incrementalista. Como se ha señalado reiteradamente (Briceño, 2013) (Kugel, 1993), el cambio del profesor no puede concebirse según una misma fórmula para todos, sino que es indispensable que se reconozcan cuáles son las expectativas que tienen los docentes frente a estas herramientas, y de la mano de ellos mismos se pueda establecer una ruta metodológica clara en la que él pueda practicar sus propias ideas, en la que se le acompañe a reflexionar sobre los obstáculos a los que se enfrenta, y a que afiance sus logros, en más actividades que le impliquen un reto constante por mejorarse a sí mismo. No es fácil para ningún profesional, singularmente cuando la disponibilidad de tiempo es limitada, cambiar radicalmente sus prácticas. Es muy posible, como ya se ha explicado otras veces (Pedró, 2012b), que sea preferible empezar por familiarizarse con soluciones tecnológicas que resuelven problemas inmediatos, lo cual conferirá oportunidades de descubrir qué es lo que podría venir después. Sería, en definitiva, una aproximación en círculos concéntricos, ampliando poco a poco los límites

de la confortabilidad, exigiéndose un poco más cada vez. Sin embargo, nada de esto será posible si no se establecen entornos de trabajo proclives al cambio. Precisamente en esta línea, la UNESCO ha venido promoviendo una visión de la transformación de la enseñanza en la que la tecnología juega un papel crucial como creadora de oportunidades. En este sentido, la propia UNESCO desarrolló unos estándares de competencias docentes para el uso pedagógico de la tecnología que permiten una aproximación gradual a esta transformación. En concreto, se consideran tres niveles sucesivos:

a. Nivel 1. Alfabetización digital o adquisición de nociones básicas de TIC

- **Enfoque.** Preparar estudiantes, ciudadanos y trabajadores capaces de comprender las nuevas tecnologías tanto para apoyar el desarrollo social, como para mejorar la productividad económica. Implica poner recursos educativos de calidad al alcance de todos y mejorar la adquisición de competencias básicas (en lectura, escritura y matemáticas), incluyendo nociones básicas de tecnología.
- **Nivel de competencia del docente.** Manejo básico de la tecnología haciendo uso de recursos digitales que guían al alumno en su aprendizaje, herramientas de productividad, multimedia, búsqueda de información en Internet y comunicación con redes sociales. *Utilizar la tecnología como herramienta de productividad, gestión y ejercitación.*
- **Impacto.** Cambios de primer orden, desarrollo de competencias digitales enfocadas al manejo de información y uso básico de la tecnología.

b. Nivel 2. Profundización del conocimiento

- **Enfoque.** Aumentar la capacidad de estudiantes, ciudadanos y fuerza laboral para agregar valor a la sociedad y a la economía, aplicando conocimientos de las asignaturas escolares para resolver problemas complejos, encontrados en situaciones reales y relacionados con medio ambiente, seguridad alimentaria, salud y solución de conflictos.
- **Nivel de competencia del docente.** Uso de metodologías y tecnologías más sofisticadas como simuladores, organizadores gráficos, buscadores temáticos y/o herramientas de colaboración, donde el docente actúa como guía y administrador de proyectos de aprendizaje que integren problemas reales. *Resolver problemas con el uso de la tecnología.*
- **Impacto.** Cambios de segundo orden que demandan modificaciones en el currículo para hacer hincapié en la comprensión de conocimientos escolares y en su aplicación tanto a problemas del mundo real como a la pedagogía.

c. Nivel 3. Generación de conocimiento

- **Enfoque.** Aumentar la participación cívica, la creatividad cultural y la productividad económica mediante la formación de estudiantes, ciudadanos y trabajadores dedicados a la tarea de crear conocimiento, innovar y participar en la sociedad del conocimiento, beneficiándose con esta tarea.

- **Nivel de competencia del docente.** Uso generalizado de la tecnología para apoyar a los estudiantes que crean productos de conocimiento y que están dedicados a planificar y gestionar sus propios objetivos y actividades. Programación, robótica. **Crear con tecnología.**
- **Impacto.** Las repercusiones de este nivel implican cambios en los planes de estudios, que van mucho más allá del simple conocimiento de las asignaturas escolares e integran explícitamente competencias indispensables para el siglo XXI, necesarias para generar nuevo conocimiento y comprometerse con el aprendizaje para toda la vida (capacidad para colaborar, comunicar, crear, innovar y pensar críticamente). En este caso, la escuela fomenta el desarrollo de la sociedad del conocimiento.

La formación inicial

Evidentemente, cabría esperar que los centros de formación inicial del profesorado representaran la vanguardia en este sentido, pero la realidad demuestra que no es así, ni en América Latina ni tampoco en los países desarrollados (Enochsson y Rizza, 2009). Hay datos que muestran, por ejemplo, que en los campus universitarios de Estados Unidos las facultades donde menos se utiliza Internet son las de educación. Habría que empezar, pues, por contribuir a la transformación de los centros de formación inicial del profesorado en lugares en los que los procesos de enseñanza y aprendizaje de los futuros docentes ejemplifiquen precisamente lo que se puede llegar a conseguir en materia de desarrollo de las competencias profesionales aprovechando el potencial de la tecnología. En efecto, existen muchas innovaciones en marcha en este sentido, de las cuales una de las más conocidas, en la Escuela Normal Superior de Lyon (Francia) (Flandin y Ria, 2014), se basa en la utilización de Youtube para el visionado y comentario experto de actuaciones en el aula de docentes en formación, con la posibilidad de interactuar con los restantes colegas en un entorno virtual.

La formación permanente

Parece claro que no hay mejor punto de partida para la formación permanente que el acompañamiento del docente en su propia aula. En lugar de extraer al docente de su contexto y llevarlo a una formación teórica, es mucho más productivo llevar a un docente experto al aula en la que trabaja el docente en formación, identificar conjuntamente las necesidades de desarrollo profesional y poner en práctica las soluciones, evaluándolas también conjuntamente. Esto no solo funciona en el ámbito de la formación pedagógica general, sino que es de particular aplicación en el caso del desarrollo de las competencias para el uso pedagógico de la tecnología.

La tecnología en sí, sin embargo, está demostrando ser una herramienta poderosa para ayudar a los profesores a cerrar la brecha en su capacitación sobre el uso efectivo de los recursos digitales (K. Purcell *et al.*, 2013). Gracias a la creación y al mantenimiento de

redes virtuales, los profesores pueden superar el aislamiento de su aula, intercambiar ideas de planes de lecciones y recursos, apoyarse mutuamente en el diseño y evaluación de nuevas iniciativas y participar en proyectos de colaboración con otros profesores que tienen intereses semejantes.

Los profesores también pueden adquirir una valiosa experiencia mediante el uso de la tecnología para sus propias necesidades de desarrollo de competencias profesionales. Este es un ámbito en el que se han realizado notables progresos en los últimos años: existen actualmente distintas plataformas que permiten que los docentes evalúen sus competencias didácticas, su conocimiento de la materia, sus estrategias de aprendizaje, así como sus competencias digitales, y les sugieren módulos de formación en línea adaptados a sus necesidades. Este es el caso de la plataforma DECLARA, ampliamente utilizada en la formación de docentes en Estados Unidos y en México, así como de «Tu clase, tu país» en Chile. Además, también se multiplican las iniciativas dedicadas a la formación docente mediante cursos masivos en línea o MOOCs (de su denominación en inglés, *Massive Open Online Courses*), que se caracterizan por una gran flexibilidad y por llegar simultáneamente a miles de usuarios. Actualmente los hay, por ejemplo, sobre la enseñanza de las competencias del siglo XXI (Universidad de Melbourne), sobre el pensamiento del estudiante (Universidad Vanderbilt), sobre el aprendizaje de la lengua por medio de la conversación o sobre el aprendizaje en profundidad (ambos de la Universidad de Stanford).

Implicaciones y recomendaciones

Como se ha visto a lo largo de las páginas anteriores, los investigadores han comenzado a acumular muchos conocimientos útiles sobre el potencial que la tecnología ofrece a los intentos de transformación pedagógica. En resumidas cuentas, la investigación empírica ha acreditado, en primer lugar, que el uso de los dispositivos digitales, ya sean computadores, *laptops* o tabletas, como sustitutos de los profesores no ha producido resultados significativos en la mejora de los aprendizajes de los estudiantes. Pero, en segundo lugar, también ha demostrado que los usos más interactivos y proactivos de la tecnología, como resultado de una orquestación de recursos organizada por el profesor, y con su directo apoyo, han conseguido que los estudiantes progresen en sus aprendizajes de forma notoria.

Estos hallazgos sugieren una serie de implicaciones y recomendaciones para los responsables políticos, los líderes escolares y los profesores, que pueden resumirse como sigue:

1. Debe asegurarse que los centros escolares cuenten con conexiones a Internet de banda ancha para prevenir problemas de los usuarios en el uso de recursos digitales. Hoy el aprendizaje digital no se concibe sin acceso a Internet y esta necesidad es cada vez mayor con la proliferación de recursos de audio y vídeo alojados en la web. El acceso fiable y rápido a Internet permite a los profesores y estudiantes apoyar el aprendizaje

en tiempo real. Sin embargo, muchas escuelas, especialmente en comunidades pobres, siguen teniendo bajo ancho de banda, si tienen conexión, y problemas con la conectividad. Los estudiantes que experimentan dificultades en el aprendizaje pueden sentirse especialmente frustrados por la imposibilidad de acceder a los contenidos que están tratando de utilizar o encontrar.

2. Probablemente no sea descabellado pensar que a medio plazo cada estudiante cuente con un dispositivo personal portátil, ya sea como resultado de una prestación pública (como en el caso de los programas de 1 a 1) o bien de una adquisición familiar. Es importante pensar estratégicamente en este sentido, en primer lugar, facilitando el uso de aquellos dispositivos móviles con los que ya cuentan y, en segundo lugar, poniendo en práctica políticas compensatorias. Cuando cada estudiante cuenta con un dispositivo personal se obtienen mejores condiciones para un mayor impacto sobre los resultados de los estudiantes y también sobre los beneficios económicos que las modalidades basadas en el uso compartido de un mismo dispositivo por varios alumnos. La mayor parte de los estudios que acreditan beneficios del uso de la tecnología en el aprendizaje parten de una modalidad de 1 a 1, cuyos beneficios van más allá de los aprendizajes escolares e inciden en la equidad.
3. Cuando los centros escolares o las autoridades públicas planean la compra de recursos y tecnologías de aprendizaje, deben tomar siempre en consideración que los estudiantes se benefician primordialmente de aquellas aplicaciones de la tecnología que están diseñadas para promover altos niveles de interactividad, de iniciativa y de participación, y que presentan los contenidos bajo múltiples perspectivas y formas de representación. Numerosas investigaciones demuestran que las actividades que facilitan distintos tipos de interacciones entre los estudiantes y los materiales –incluyendo diferentes visualizaciones de conceptos, múltiples formas de ver, oír y aprender acerca de ellos, y oportunidades para manipular los datos, expresar ideas y ser activos en otros aspectos del proceso de aprendizaje– son esenciales para apoyar el aprendizaje.
4. Los currículos y los planes de estudios deben permitir a los estudiantes utilizar la tecnología para crear contenidos a partir de los recursos didácticos propuestos y orquestados por el profesor. La investigación muestra que, cuando los estudiantes tienen la oportunidad de crear contenidos por sí mismos usando la tecnología (por ejemplo, mediante la realización de investigaciones para tomar decisiones o para sacar conclusiones de experimentos, la búsqueda y la manipulación de datos, la confección de informes, la creación de sitios web, la preparación de presentaciones o el diseño de hojas de cálculo), su motivación aumenta y, del mismo modo, su implicación en la adquisición de nuevas competencias que les desafían. Las aulas deben incluir la tecnología para facilitar los procesos en que los estudiantes tienen que llevar a cabo actividades de exploración, de análisis y de síntesis, con el fin de desarrollar habilidades de orden superior, además de guiar a los estudiantes por medio del aprendizaje de contenidos específicos.

5. Los entornos de aprendizaje más productivos son los que permiten mayor personalización. En su seno es mucho más fácil orquestar el aprendizaje estructurado de información y nuevos contenidos con las discusiones colaborativas y actividades basadas en proyectos que permiten a los estudiantes utilizar la información para resolver problemas relevantes o para crear sus propias producciones, tanto individual como colectivamente, con el propósito de desarrollar así nuevas competencias.
6. Es conveniente contar con entornos de aprendizaje híbridos, que con frecuencia tomarán la forma de plataformas escolares y que permiten una mejor orquestación de todos los recursos didácticos, cualquiera que sea su naturaleza. El aprendizaje híbrido se produce cuando el entorno de aprendizaje combina recursos digitales (incluso a distancia, como en el caso de la clase invertida) o reales (textos impresos, objetos, etc.), siempre como resultado de la orquestación docente.
7. Todas estas recomendaciones deben descansar sobre el principio de la disponibilidad constante de asesoramiento, soporte y apoyo adecuados al profesor acerca de cómo orquestar los recursos didácticos de que dispone en función de las necesidades pedagógicas y qué lugar conceder, en particular, a los recursos digitales y a la tecnología. Además, este tipo de iniciativas deben incluir siempre la posibilidad de recurrir a la asistencia técnica que los educadores puedan necesitar para gestionar el equipamiento, las aplicaciones y la conectividad que hacen posible el uso efectivo de la tecnología.
8. Ya sea a escala de sistema o de centro escolar, solo una aproximación sistémica garantiza ir más allá de la iniciativa de un único profesor, en una sola materia o en tan solo una clase. Para ser eficaz, semejante aproximación sistémica a la transformación de la educación requiere no solo un enfoque del aprendizaje mucho más centrado en el desarrollo de competencias (como, por ejemplo, en el aprendizaje por proyectos), sino también mecanismos de apoyo efectivo a los profesores.

La aplicación efectiva de la tecnología en la escuela es un complejo rompecabezas. Cientos de factores relacionados entre sí juegan un papel importante. De sobra es sabido que la mera presencia de dispositivos en una escuela no se traduce automáticamente en un mejor rendimiento de los estudiantes. De hecho, proporcionar a cada alumno un dispositivo o dotarse de una plataforma escolar es solo el comienzo, y nunca el final, de un proceso que puede conducir a la mejora del rendimiento de los estudiantes. Pero esto último solo sucederá si la tecnología se utiliza para cambiar los métodos pedagógicos: las ganancias de aprendizaje que se pueden conseguir cuando la tecnología solo se utiliza para soportar prácticas docentes tradicionales son marginales y generalmente no significativas; las verdaderas ganancias observables aparecen solo cuando se utiliza la tecnología para posibilitar la puesta en práctica de estrategias pedagógicas distintas, más centradas en la actividad del estudiante. En última instancia, el valor de la tecnología en términos de mejora del aprendizaje de los alumnos depende de la calidad de las prácticas pedagógicas.

5

Referencias bibliográficas

- Aguerrondo, I. y Lugo, M. T. (2010), «El contexto para la educación: un cambio de paradigma. El conocimiento como motor del desarrollo». En G. Bernasconi (Ed.), *La dirección y las TIC. Necesidades y propuestas del directivo escolar para el siglo XXI*, Montevideo: Red AGE.
- Arias Ortiz, E. y Cristia, J. n. (2014), *El BID y la tecnología para mejorar el aprendizaje: ¿cómo promover programas efectivos?* Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Bakia, M., Murphy, R., Anderson, K. y Trinidad, G. (2011), *International Experiences with Technology in Education: Final Report*, Washington, D.C.: U.S. Department of Education. Documento mimeografiado.
- Barrera-Osorio, F. y Linden, L. (2009), *The Use and Misuse of Computers in Education: Evidence from a Randomized Experiment in Colombia*. Washington, D.C.: The World Bank.
- Bassi, M., Busso, M. a., Urzúa, S. y Vargas, J. (2012), *Desconectados. Habilidades, educación y empleo en América Latina*, Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Bebell, D., y O'Dwyer, L. M. (2010), «Educational Outcomes and Research from 1:1 Computing Settings», *The Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 9(1).

- Berlinski, S., Busso, M., y Cristia, J. (2013), *The Effects of Technology Use on Learning Outcomes in Developing Countries: A Meta-Analysis*, Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo. Documento mimeografiado.
- Beuermann, D., Cristia, J., Cruz-Aguayo, Y., Cueto, S. y Malamud, O. (2013), *Home Computers and Child Outcomes: Short-Term Impacts from a Randomized Experiment in Peru*, Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo. Documento mimeografiado.
- BID (2012), *Construyendo Puentes, Creando Oportunidades: la Banda Ancha como Catalizador del Desarrollo Económico y Social en los Países de América Latina y el Caribe*, Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo. Documento mimeografiado.
- Bishop, J. L. y Verleger, M. L. (2013), *The Flipped Classroom: A Survey of Research*. Paper presented at the Association for Engineering Education 120th Conference, Atlanta, GA.
- Borman, G. D., Benson, J. G. y Overman, L. (2009), «A Randomized Field Trial of the Fast ForWord Language Computer-Based Training Program», *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 31(1).
- Bos, M., Ganimian, A. y Vegas, E. (2013), *Brief #1: ¿Cómo le Fue a la Región?» América Latina en PISA 2012*, Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Boster, F. J., Meyer, G. S., Roberto, A. J., Inge, C. y Strom, R. (2006), «Some effects of video streaming on educational achievement», *Communication Education*, 55(1), 46-62.
- Bottge, B., Rueda, E. y Skivington, M. (2006), «Situating Math Instruction in Rich Problem-Solving Contexts: Effects on Adolescents with Challenging Behaviors», *Behavioral Disorders*, 31(4).
- Briceño, J. J. (2013), *La argumentación y la reflexión en los procesos de mejora de los profesores universitarios colombianos de ciencia en activo. Aplicación de estrategias formativas sobre ciencia, aprendizaje y enseñanza*. Tesis doctoral. Granada: Universidad de Granada.
- Cabrol, M. y Székely, M. (Eds.) (2012), *Educación para la Transformación*, Washington, DC: Banco Interamericano de Desarrollo.
- Carneiro, R., Toscano, J. C. y Díaz, T. (Eds.) (2009), *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo. Colección Metas Educativas 2021*, Madrid: OEI y Fundación Santillana.
- Carretero, M. y Montanero, M. (2008), «Enseñanza y aprendizaje de la historia: aspectos cognitivos y culturales», *Cultura y Educación*, 20(2), 133-142.
- Carrillo, P., Onofa, M. y Ponce, J. (2010). *Information Technology and Student Achievement: Evidence from a Randomized Experiment in Ecuador*, Washington, D.C.: George Washington University. Documento mimeografiado.

- Cheung, A. y Slavin, R. (2013), «The Effectiveness of Educational Technology Applications on Mathematics Achievement in K-12 Classrooms: A Meta-Analysis», *Educational Research Review*(9), 88-111.
- Cheung, A. y Slavin, R. E. (2011), *The Effectiveness of Educational Technology Applications for Enhancing Mathematics Achievement in K-12 Classrooms: A Meta-Analysis*, Baltimore, MD: Johns Hopkins University, Center for Research and Reform in Education.
- Contreras, J. (2013), *MDE Educativo: Herramienta metodológica para el game designer de experiencias educativas*, Paper presented at the Actas del II Congreso Internacional de Videojuegos y Educación.
- Cuban, L. (1988), *The managerial imperative and the practice of leadership in schools*. Albany, NY: State University of Nueva York.
- Cuenca, J. y Martín, M. (2010), «Virtual games in social science education», *Computers & Education*(55), 1336-1345.
- Darling-Hammond, L., Zieleski, M. B. y Goldman, S. (2014), *Using Technology to Support At-Risk Students' Learning*, Stanford, CA: Stanford Center for Opportunity Policy in Education.
- Deterding, D., Khaled y Nacke, (2011), «Gamification: Toward a Definition», en <http://gamification-research.org/wp-content/uploads/2011/04/02-Deterding-Khaled-Nacke-Dixon.pdf>
- Echeverría, A., García-Campo, C., Nussbaum, M., Gil, F., Villalta, M., Améstica, M. y Echeverría, S. (2011), «A framework for the design and integration of collaborative classroom games», *Computers & Education* (55), 1127-1136.
- Education Week (2014), *Spotlight on Using Technology for Classroom Cooperation*, Bethesda: Editorial Projects in Education.
- Enochsson, A.-B. y Rizza, C. (2009), *ICT in Initial Teacher Training: Research Review*, París: OECD Publishing.
- Evaristo, I., Navarro, R., Mollá, I. y Nakano, T. (en prensa), «El empleo de un videojuego educativo como una herramienta para aprender y comprender los inicios de la Independencia del Perú», *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*.
- Flandin, S. y Ria, L. (2014), «Un programme technologique basé sur l'analyse de l'activité réelle des enseignants débutants au travail et en vidéoformation», *Activités*, 11(2), 174-190.
- Fullan, M. y Donnelly, K. (2013), *Alive in the Swamp. Assessing Digital Innovations in Education*, Londres: Nesta.

- Gee, J. P. (2004), *Lo que nos enseñan los videojuegos sobre el aprendizaje y el alfabetismo*, Málaga: Ediciones Aljibe.
- Gee, J. P. (2005), *Why Video Games Are Good For Your Soul: Pleasure and Learning*, Melbourne: Common Ground.
- Greaves Group, Hayes Connection, y One-to-One Institute (2010), *The technology factor: Nine keys to student achievement and cost-effectiveness*, Shelton, CT: MDR.
- Greaves, T. W., Hayes, J., Wilson, L., Gielniak, M. y Peterson, E. L. (2012), *Revolutionizing Education through Technology The Project RED Roadmap for Transformation*, Washington, DC: International Society for Technology in Education.
- Hattie, J. (2009), *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*, Londres: Routledge.
- Hew, K. y Brush, T. (2007), «Integrating Technology into K-12 teaching and learning: Current knowledge gaps and recommendations for future research», *Educational Technology Research and Development*, 55(3).
- Higgins, S., Xiao, Z. y Katsipataki, M. (2012) *The Impact of Digital Technology on Learning: A Summary for the Education Endowment Foundation*. Durham: Durham University.
- Hsu, Y.-C., Ho, H. N. J., Tsai, C.-C., Hwang, G.-J., Chu, H.-C., Wang, C.-Y. y Chen, N.-S. (2012), «Research Trends in Technology-based Learning from 2000 to 2009: A content Analysis of Publications in Selected Journals», *Educational Technology & Society*, 15(2), 354–370.
- K. Purcell et al. (2013), *How Teachers Are Using Technology at Home and in Their Classrooms*, Washington, DC: Pew Research Center's Internet y American Life Project.
- Kapp, K. (2012), *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*, Nueva York: Pfeiffer.
- Kim, J. y Lee, W. (2011), «Assistance and Possibilities: Analysis of Learning-Related Factors Affecting the Online Learning Satisfaction of Underprivileged Students», *Computers & Education*, 5(4).
- Kugel, P. (1993), «How professors develop as teachers», *Studies in Higher Education*, 18(3), 315-328.
- Lawless, K. A. y Pellegrino, J. W. (2007), «Professional development in integrating technology into teaching and learning: Knowns, unknowns, and ways to pursue better questions and answers», *Review of Educational Research*, 77(4), 575-614.
- Luckin, R., Bligh, B., Manches, A., Ainsworth, S., Crook, C. y Noss, R. (2012), *Decoding learning: The proof and promise of digital education*, Londres: Nesta.

- Lugo, M. T. (2010). Las políticas TIC en la educación de América Latina: tendencias y experiencias. *Revista Fuentes*(10), 52-68.
- M. Dynarski et al. (2007), *Effectiveness of Reading and Mathematics Software Products: Findings from the First Student Cohort*. Washington, DC: U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences.
- M. Madden et al. (2013), *Teens and Technology*. Washington, DC: Pew Research Center.
- Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., Bakia, M., y Jones, K. (2009). *Evaluation of Evidence-Based Practices in Online Learning: A Meta-Analysis and Review of Online Learning Studies*, Washington, DC: U.S. Department of Education, Office of Planning, Evaluation and Policy Development.
- Oliver, M. (2013), «Fostering Relevant Research on Educational Communications and Technology». En J. M. Spector, M. D. Merrill, J. Elen y M. J. Bishop (Eds.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 909-918), Nueva York: Springer.
- OREALC UNESCO (2013), *Situación Educativa de América Latina y el Caribe: Hacia la educación de calidad para todos al 2015*, Santiago de Chile: OREALC/UNESCO Santiago.
- Pachler, N., Pimmer, C. y Seipold, J. (Eds.) (2011), *Work-based mobile learning: concepts and cases*, Oxford: Peter Lang.
- Partnership for 21st Century Skills Task Force (2007), *Maximizing the Impact of the Pivotal Role of Technology in a 21st Century Education System*, Washington, D.C.: Partnership for 21st Century Skills.
- Pedró, F. (2012a), *Connected Minds. Technology and Today's Learners*. Paris: OECD Publishing.
- Pedró, F. (2012b), *Tecnología y escuela. Lo que funciona y porqué*. Madrid: Fundación Santillana.
- Schrum, L., y Glassett, K. f. (2006), *Research on Educational Technology: Challenges to Implementation and Impact of Scientifically Based Research*. Ponencia presenta en la American Educational Research Association Annual Meeting, San Francisco.
- Schrum, L., Thompson, A., Maddux, C., Sprague, D., Bull, G. y Bell, L. (2007), «Editorial: Research on the effectiveness of technology in schools: The roles of pedagogy and content», *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 7(1), 456-460.
- SITEAL (2014), *Informe 2014: Políticas TIC en los sistemas educativos de América Latina*. Madrid - Buenos Aires: OEI UNESCO IIPE.
- Sunkel, G. y Trucco, D. (Eds.) (2012), *Las tecnologías digitales frente a los desafíos de una educación inclusiva en América Latina. Algunos casos de buenas prácticas*, Santiago de Chile: CEPAL.

- Sunkel, G. Trucco, D., y Espejo, A. S. (2014), *La integración de las tecnologías digitales en las escuelas de América Latina y el Caribe. Una mirada multidimensional*, Santiago de Chile: CEPAL.
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C. y Schmid, R. F. (2011), «What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second-order meta-analysis and validation study», *Review of Educational Research*, 81(1), 4-28.
- Teo, T. y Noyes, J. (2010), «Exploring attitudes towards computer use among pre-service teachers from Singapore and the UK: A multi-group invariance test of the technology acceptance model (TAM)», *Multicultural Education & Technology Journal*, 4(2), 126-135.
- UNESCO (2012), *Transforming Education: The Power of ICT Policies*, París: UNESCO.
- UNESCO (2013), *Uso de TICs en Educación en América Latina y el Caribe: Análisis Regional de la Integración de las TICs en la Educación y de la Aptitud Digital (e-readiness)*, Montreal: UNESCO Institute for Statistics.
- Vacchieri, A. (2013), *Estado del arte sobre la gestión de las políticas de integración de computadoras y dispositivos móviles en los sistemas educativos*. Buenos Aires: UNICEF.
- Warschauer, M. y Matuchniak, T. (2010), «New Technology and Digital Worlds: Analyzing Evidence of Equity in Access, Use and Outcomes», *Review of Research in Education*, 34(1), 179-225.
- Watson, S. L. y Watson, W. R. (2011), «The Role of Technology and Computer-Based Instruction in a Disadvantaged Alternative School's Culture of Learning», *Computers in the Schools*, 28(1).
- Wenglinsky, H. (2005), *Using Technology Wisely: The Keys to Success in Schools*, Nueva York, NY: Teachers College Press.
- Wiske, M. S. (Ed.) (1997), *Teaching for Understanding: Linking Research with Practice*, San Francisco: Jossey-Bass.
- Wu, Y.-T., Hou, H.-T., Hwang, F.-K., Lee, M.-H., Lai, C.-H., Chiou, G., -L. y Tsai, C.-C. (2013), «A Review of Intervention Studies On Technology-assisted Instruction From 2005-2010», *Educational Technology & Society*, 16(3), 191-203.
- Zielezinski, M. B. y Darling-Hammond, L. (2014), *Technology for Learning: Underserved, Under-resourced & Underprepared Students*, Stanford, CA: Stanford Center for Opportunity Policy in Education.