



Escalar un proyecto con tecnología, el caso de las evaluaciones en línea en matemáticas

Jorge Gaona

Universidad Academia de Humanismo Cristiano y Universidad Paris Diderot

Chile y Francia

jgaonap@docentes.academia.cl

Resumen

En esta contribución se estudia el proceso de escalamiento de un sistema de evaluación en línea para matemáticas en 8 sedes de una institución de educación superior chilena que tiene 26 sedes en todo el país. Se dan muestras de algunos elementos que dan cuenta que el escalamiento es sostenible en el tiempo, a partir de los conceptos de cobertura, profundidad, sustentabilidad y cambio en la propiedad del proyecto a escala global y se discuten los factores a escala local que favorecen la integración de la tecnología en la práctica docente y que tributan a este proceso de escalamiento: valor pragmático y epistémico, flexibilidad y cercanía de los recursos con el curriculum efectivo, participación, costos y apoyo institucional.

Palabras clave: evaluación online, escalamiento, tecnología, educación superior.

Introducción

La integración de la tecnología, particularmente de recursos digitales, en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas es un proceso complejo tanto para el profesor como para los estudiantes (Trouche, 2004) y donde el profesor es clave (Abboud-Blanchard, 2014; Bozkurt & Ruthven, 2017; Trigueros, Lozano, & Sandoval, 2014). Si además, se agrega una intención institucional (de un país, región, o institución educacional de gran tamaño) de escalar un proyecto con tecnología se suma una dificultad adicional (Clark-Wilson, 2017). Esto se da porque se espera que la integración de tecnología se produzca en muchos lugares diferentes, con contextos sociales diversos con el fin de lograr cobertura, que es la definición básica de escalamiento. Al mismo tiempo esta integración es un proceso local, entre los directivos, el o los profesores y los estudiantes de una comunidad educativa que se espera perdure en el tiempo.

En la Universidad Tecnológica de Chile INACAP, desde el 2015 se está desarrollando el proyecto SEDOL-M (Sistema de Evaluación Dinámica Online en Matemáticas) que tiene por objetivo desarrollar e implementar un sistema de evaluación en línea para fomentar el trabajo autónomo fuera de la sala de clases de estudiantes de matemática I. La institución cuenta con 26 sedes repartidas en todo Chile y hasta el momento, el proyecto se ha implementado en 8 sedes, impactando a más de 13.000 estudiantes a cargo de más de 120 profesores.

En el contexto del proyecto SEDOL-M, en esta comunicación queremos responder a las

siguientes preguntas de investigación: ¿Cuáles son los indicios del proyecto que dan cuenta de un escalamiento sostenible? ¿Cómo se han desarrollado los factores que favorecen o dificultan la integración de la tecnología?

Proyecto SEDOL-M

Como se mencionó anteriormente esta investigación se enmarca dentro del proyecto del SEDOL-M para la asignatura de matemática I (nivelación de matemáticas) en INACAP (Gaona, Reguant, Valdivia, Vásquez, & Sancho-Vinuesa, 2018). Este proyecto es impulsado por el Centro de Innovación en Educación (CIEDU) de INACAP a partir de un pequeño proyecto desarrollado por un grupo de profesores de uno de las sedes de INACAP que el mismo CIEDU financió mediante un concurso interno en el año 2013.

En esta primera experiencia, se hizo una implementación con cerca de 200 estudiantes y mediante pruebas estadísticas se concluyó que había una correlación positiva entre el uso de la plataforma y los resultados de los estudiantes en una evaluación en formato lápiz papel, externa a la intervención, es decir, se observó una mejora en los resultados de los estudiantes (Gaona & Hardy, 2014), resultados que son coherentes con otras intervenciones de este tipo en contextos similares.

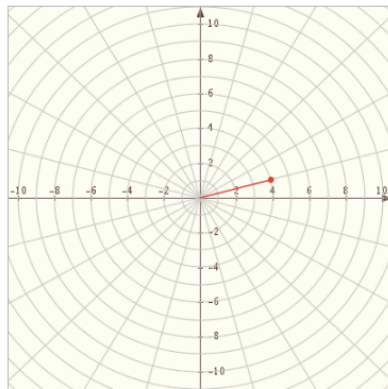
A partir de los buenos resultados citados anteriormente se decidió escalar el proyecto a toda la institución. Tomando en cuenta la envergadura de la institución, el volumen de estudiantes de esta materia, y el hecho de que los resultados positivos a pequeña escala y en entornos controlados son difíciles de replicar con profesores ordinarios (Artigue, 2011), el proyecto se diseñó de tal forma de ser escalado paulatinamente.

La estrategia de diseño e implementación se ha basado principalmente en la formación de equipos de diseño en cada sede (entre 3 y 6 profesores en cada sede de un total de entre 10 y 30 profesores por sede), quienes han programado cada una de las más de 500 familias de preguntas que componen el sistema, cubriendo diversos tópicos, como álgebra, funciones, trigonometría, números complejos, entre otros. Con los profesores, además se han discutido decisiones con respecto a las reglas de implementación tanto para el profesorado como para los estudiantes. El proyecto recomenzó en agosto del 2015 con una fase de diseño, el primer piloto se implementó entre marzo y agosto del 2016 con 1.200 alumnos de cuatro sedes. Entre marzo y agosto del 2017 se extendió al 100% de estos cuatro sedes y se integró una quinta sede llegando a 8.500 estudiantes distribuidos en 339 cursos a cargo de 96 profesores. En el período marzo-agosto del 2018 alcanzó los 13.000 estudiantes a cargo de más de 120 profesores en 8 sedes de INACAP.

Desde el punto de vista tecnológico, el sistema de evaluación se desarrolla en una plataforma Moodle (www.moodle.org), que integra la calculadora Wiris (www.wiris.com) para crear preguntas que contengan elementos aleatorios (números, símbolos y gráficos) en el enunciado.

Un ejemplo de una pregunta con las características descritas anteriormente se muestra en la figura 1, que fue diseñada por profesores del equipo SEDOL Santiago Sur. En esta pregunta, los elementos aleatorios son: el ángulo y la magnitud del número complejo y las frases: “el conjugado”, “la parte real” y “la parte imaginaria” que modifica el elemento de los números complejos sobre los que se focaliza la pregunta.

Dado el número complejo z expresado en forma exponencial, representado en la siguiente gráfica.



Encuentra la parte real del número complejo z , expresado en forma exponencial.

Observación:

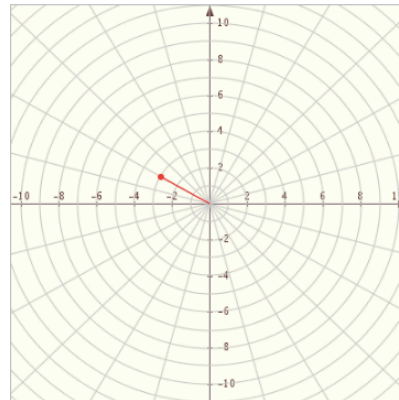
Ingresa los decimales con punto de separación y aproximado a dos decimales. Por ejemplo 2,347 escribir 2.35

Respuesta:

$4 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{12}\right)$ ✓

Comprobar

Dado el número complejo z expresado en forma exponencial, representado en la siguiente gráfica.



Encuentra el conjugado del número complejo z , expresado en forma exponencial.

Observación:

Escribe el resultado en forma binomial

Ingresa los decimales con punto de separación y aproximado a dos decimales. Por ejemplo 2,347 escribir 2.35

Respuesta:

$-2.6 - 1.5i$ ✓

Comprobar

Figura 1. Ejemplo de pregunta de números complejos con parámetros aleatorio

Para ingresar estas respuestas, los estudiantes pueden utilizar un editor de ecuaciones o un sistema de reconocimiento de escritura a mano alzada (ver figura 2), el cual aparece de forma automática dependiendo si se conecta mediante un computador o un dispositivo móvil respectivamente.

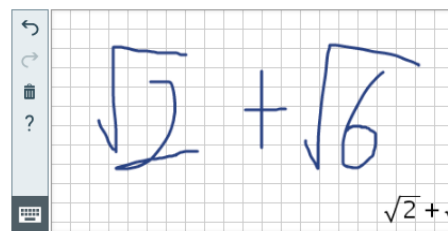
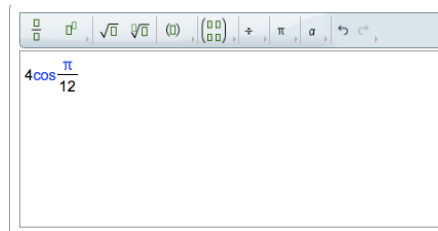


Figura 2. Sistema para escribir símbolos matemáticos en las respuestas de los estudiantes.

Una vez que el estudiante responde la pregunta, el sistema no solamente le indica inmediatamente si su respuesta es correcta o no, además, le proporciona una estrategia de solución de la tarea planteada de acuerdo con los parámetros aleatorios, la cual también fue programada por los profesores. Por ejemplo, en la pregunta de la figura 1, una vez que el estudiante ha respondido, el sistema le entrega la retroalimentación paso a paso que se muestra en la figura 3.

Muy bien

La parte real de un número complejo en forma exponencial tiene por fórmula:

$$r \cdot \cos\theta$$

Luego para el número complejo:

$$z = 4e^{15j \cdot ^\circ}$$

La parte real es:

$$4 \cdot \cos(15^\circ)$$

$$3.86$$

Muy bien

La parte real de un número complejo en forma exponencial tiene por fórmula:

$$r \cdot \cos\theta$$

Para el número complejo:

$$z = 3e^{150j \cdot ^\circ}$$

La parte real es:

$$3 \cdot \cos(150^\circ)$$

$$-2.6$$

La parte imaginaria de un número complejo en forma exponencial tiene por fórmula:

$$r \cdot \text{sen}\theta$$

$$3 \cdot \text{sen}(150^\circ)$$

$$1.5$$

El número complejo z en forma binomial, es:

$$-2.6 + 1.5j$$

Por lo tanto, el conjugado de z es:

$$-2.6 - 1.5j$$

Figura 3. Retroalimentación paso a paso en función de los parámetros aleatorio

Como todo sistema informático, además de las potencialidades descritas anteriormente, hay una serie de limitaciones que tiene el sistema. Por ejemplo, los gráficos son imágenes fijas con las cuales el estudiante no puede interactuar. También, al igual que en otros sistemas de este tipo, sólo puede evaluar la respuesta final y no el proceso de trabajo de los estudiantes y por último, la retroalimentación, aunque es información valiosa, puede generar dificultades en los estudiantes.

Marco Teórico

Coburn (2003) establece que para que el escalamiento perdure en el tiempo, además de la cobertura, un proyecto debe dar muestras de profundidad: relacionada con los cambios dentro de las prácticas de aula; sustentabilidad: relacionadas con los apoyos locales y globales para que el proyecto se mantenga y cambios en la propiedad del mismo.

Todos estos elementos deben darse a escala global y al mismo tiempo son procesos que se desarrollan, a escala local. Al enfocarse en la escala local, en la literatura se han reportado una serie de factores que pueden favorecer o dificultar la integración de la tecnología como son el valor pragmático: relacionados con aquello que puedo hacer con la tecnología que sin ella es imposible o que puede hacer de forma más eficiente; el valor epistémico de las tareas mediadas por la tecnología: relacionado con el aporte al aprendizaje (Artigue, 2002), la flexibilidad y la cercanía con los recursos con el curriculum efectivo (Ruthven, 2007), la participación de los profesores en los procesos de selección, validación y/o creación de los recursos (Jones & Pepin, 2016), los costos materiales, temporales e instrumentales (Abboud-Blanchard, 2014) y el apoyo institucional de tal forma que no sólo sean los “militantes tecnológicos” quienes la adopten. Todos estos factores se resumen en la figura 4.

En la figura 4, cada uno de los segmentos que une el centro del hexágono con los vértices puede ser visto como una escala cualitativa donde los valores óptimos están en los extremos. De los seis factores que se proponen, cuatro tienen un signo “+” que indica que ese factor es creciente. Es decir, se espera que el valor pragmático, epistémico, la participación y la flexibilidad de los recursos vaya creciendo y a medida que crece se alcanza el óptimo. En cambio, los costos y la distancia con el currículum se espera que vayan decreciendo y a medida que decrecen se alcanza su óptimo.

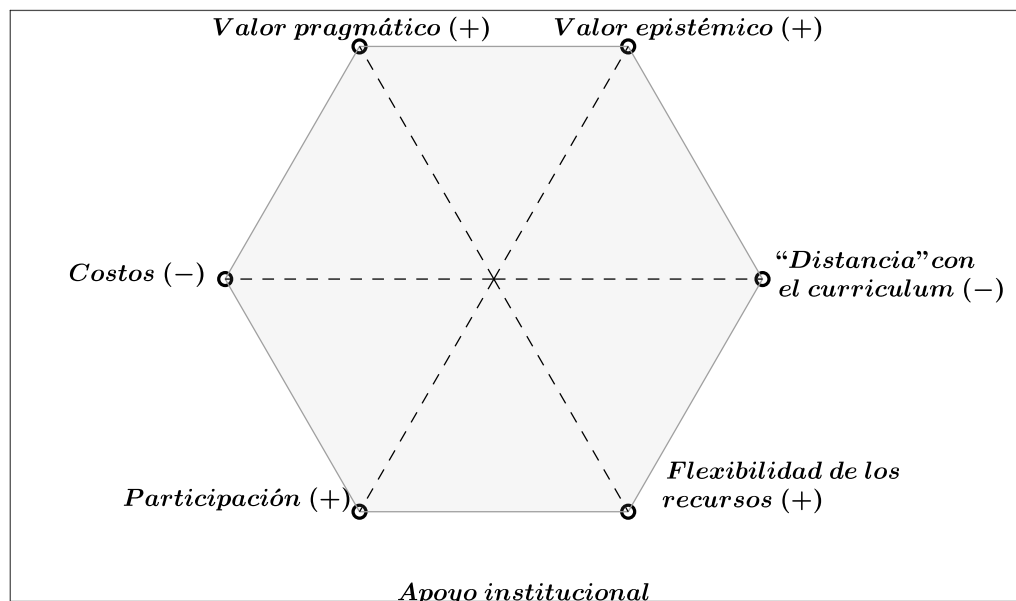


Figura 4. Factores que influyen en la integración de tecnología, extraído de Gaona (2018)

Este esquema además de ser un resumen de los factores, tiene por objetivo explicitar la interrelación y tensión que puede existir entre ellos, puesto que cualquiera de los factores donde nos centremos, está relacionado con uno o más de uno de los restantes.

Por ejemplo, en un estado ideal, el valor epistémico es alto y la distancia con el currículum es pequeña, pero también podría suceder a la inversa, es decir, un aumento del valor epistémico podría implicar un aumento en la distancia con el currículum y tener como consecuencia el rechazo por parte de los recursos o hacer exactamente lo que el profesor realiza en clases en un ambiente tecnológico podría implicar que estas tareas tengan un bajo valor epistémico.

Metodología

Debido a la naturaleza de las preguntas de investigación, la metodología elegida es mixta. Por una parte se utilizarán datos cuantitativos para estudiar la cobertura de la participación de los estudiantes que cursaron las versiones más masivas de Matemática I en SEDOL-M, estos datos son proporcionados por la plataforma. Mediante datos de informes y entrevistas se establecieron los indicios de que se cumplen con las condiciones que establece Coburn (2003) para demostrar que un proyecto puede perdurar en el tiempo. Además, se estudiaron mediante el análisis de las preguntas que conforman la plataforma, registros de clases y entrevistas los factores que favorecen o dificultan la integración de tecnología.

Resultados

Hasta la fecha, se han reportado los datos de la intervención del 2017 y están en proceso de análisis los resultados del 2018. Un primer indicio es la cobertura, que es precisamente la definición básica de escalamiento. En Gaona et al., (2018, p. 1000) se reportó un promedio 68,67% de participación en cada evaluación de los estudiantes durante el primer semestre del 2017 en 4 sedes y en dos de las versiones de matemática I más masivas en el proyecto en todas las evaluaciones. Para la implementación del primer semestre del 2018. Además, se reportó un promedio 3,61 intentos por estudiante en cada evaluación y 126,31 minutos de trabajo en cada evaluación, existiendo una gran variabilidad entre los diferentes tópicos, lo que evidencia una auto-regulación del trabajo por parte de los estudiantes. Los datos del 2018 se están procesando, pero cálculos preliminares muestran resultados similares.

Lo anterior muestra que los alumnos lo estén usando, sin embargo, ¿cómo se puede evidenciar que exista profundidad, desarrollo sostenible y cambio en la propiedad del proyecto? Puesto que hay un sinnúmero de proyectos que a pesar de tener buena cobertura no se logran mantener en el tiempo.

Hay cuatro elementos que pueden dar cuenta de que la sustentabilidad del proyecto es posible:

Certificación de los profesores: durante las distintas etapas del proyecto, 18 profesores repartidos en las 8 sedes participantes se han certificado como programadores nivel medio y avanzado en Wiris. Esto les permite frente a la institución evidenciar parte de las competencias aprendidas, lo que a su vez, les permite optar a asumir roles de instructores de pares para nuevas sedes que se incorporen.

Financiamiento de las sedes: como se mencionó en la descripción del proyecto, el financiamiento inicial lo realizó el CIEDU, sin embargo, de forma paulatina, las sedes han asumido los costos del proyecto: licencias y pago de horas de trabajo de los profesores, lo que da muestra de un apoyo de las autoridades locales al proyecto y que es una de las condiciones para darle sustentabilidad al proyecto.

Diversificación del proyecto: durante estos tres años, en varias de las sedes participantes han aparecido una serie de iniciativas de parte de los equipos SEDOL que han expandido en términos disciplinares el proyecto. La sede Calama presentó el proyecto SEDOL-E. El equipo SEDOL La Serena, está desarrollando la nivelación de matemáticas utilizando lo desarrollado en el proyecto y complementándolo con preguntas nuevas. El equipo SEDOL Renca está desarrollando SEDOL-F. El equipo SEDOL Rancagua está desarrollando SEDOL-C. El equipo Santiago Sur ha estado desarrollando variaciones semióticas de algunas preguntas para levantar investigación. Las letras E, F y C corresponden Economía, Física y Cálculo respectivamente y en cada uno de estos proyectos los profesores están diseñando tareas específicas a esas disciplinas, donde se han aliado con otros profesores de especialidad para desarrollar el proyecto. Todas estas iniciativas muestran que se ha producido un verdadero cambio en la propiedad del proyecto, puesto que cada equipo ha buscado fuentes de financiamiento para desarrollarlos.

Superación de crisis: durante la implementación masiva del 2018, hubo un problema técnico importante que hizo que a muchos estudiantes les apareciera un error cuando trabajaban en las evaluaciones. Estos errores comenzaron a ser reportados a la administración de la plataforma y dada la envergadura del proyecto, a la semana se tenían más de 700 reportes y el

número iba creciendo. Como no se encontraba solución al problema se les propuso a los equipos de cada sede suspender el proyecto hasta dar con la solución y todos los equipos respondieron, de forma unánime que preferían “aguantar” a los estudiantes mientras se solucionaba el problema. Esta fue una muestra significativa de apropiación del proyecto, puesto que fue en una crisis donde los profesores diseñadores siguieron apostando por él.

A la luz de los procesos anteriormente descritos, nos preguntamos por la forma en que se han desarrollado los factores reportados por la literatura como facilitadores u obstaculizadores de la integración con la tecnología: valor pragmático y epistémico, flexibilidad y cercanía con el currículum, participación, costos y apoyo institucional. Por una parte hay una serie de características que se describieron en el proyecto que dan cuenta del valor pragmático de la plataforma, sin embargo para establecer el valor epistémico, es necesario analizar las tareas utilizando un marco teórico adecuado que permita caracterizarlos. En Gaona (2018a) se reporta la relación entre la participación de los profesores en el diseño, el valor epistémico y la cercanía con las tareas habituales. En este estudio se utiliza como marco teórico los Espacio de Trabajo Matemático (Kuzniak, Tanguay, & Elia, 2016) y se concluye que las tareas trabajan principalmente la dimensión semiótica e instrumental, dejándose de lado la dimensión discursiva. Además, se reporta que las tareas son cercanas a las tareas habituales de los profesores. La participación de parte de los profesores de cada sede en el proceso de diseño explica en gran medida la cercanía con las tareas habituales, además los profesores diseñadores han realizado un acompañamiento a sus colegas usuarios, lo que ha dado validez entre pares al sistema. Todo esto se ha logrado, además, porque la institución ha asumido el costo, invirtiendo una gran cantidad de recursos en horas para que sus profesores trabajen en el diseño y a su vez, mediante concursos internos ha financiado otras iniciativas para física, economía o cálculo.

Conclusiones

Con los datos recogidos y analizados hasta el momento, podemos concluir que la participación de los profesores en el proceso de diseño y de acompañamiento ha sido fundamental para la integración local del proyecto en cada sede y que la suma de esto ha dado pie a un escalamiento que da luces de poder ser sustentable en el tiempo. Esta participación ha ayudado a la cobertura, pero también a que el proyecto se perciba como local en cada una de las sedes, le da validez frente a los profesores usuarios y que no lo perciban como una imposición externa. A pesar de que el escalamiento se mide a escala global, es un proceso que depende de una condiciones locales de cada sede, donde los factores descritos han sido tomando en cuenta explícitamente para permitir favorecer la integración. Los resultados muestran que elementos como la percepción en la propiedad del proyecto, la profundidad y la sustentabilidad no necesariamente son replicables, puesto que se van dando de acuerdo a las condiciones institucionales, por ejemplo, la aparición de proyectos en física, cálculo o economía responden a necesidades que tienen los profesores, que sin embargo, sin la existencia de concursos internos para levantar fondos sería mucho más difícil que se desarrollasen. Además de los elementos técnicos en un proyecto con tecnología, es importante tomar en cuenta elementos epistemológicos, puesto que estos proyectos están enmarcados en la enseñanza y aprendizaje de una disciplina y sin se pasan por alto, el trabajo estará centrado sólo en el valor pragmático que aporta lo digital, lo que a la larga podría impedir su duración en el tiempo.

Referencias y bibliografía

Abboud-Blanchard, M. (2014). Teachers and Technologies : Shared Constraints, Common

- Responses. En A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Eds.), *The Mathematics Teacher in the Digital Era* (pp. 297–317). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Artigue, M. (2002). Learning mathematics in a CAS environment: The genesis of a reflection about instrumentation and the dialectics between technical and conceptual work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7(3), 245–274.
- Artigue, M. (2011). Tecnología y enseñanza de las matemáticas : desarrollo y aportaciones de la aproximación instrumental II . De la programación a los recursos en línea : trayectoria de una investigadora. *Cuadernos de Investigación en Educación Matemática*, 8, 1–15.
- Bozkurt, G., & Ruthven, K. (2017). Classroom-based professional expertise: a mathematics teacher's practice with technology. *Educational Studies in Mathematics*, 94(3), 309–328.
- Clark-Wilson, A. (2017). The Complex Process of Scaling the Integration of Technology Enhanced Learning in Mainstream Classrooms. En G. Costagliola, J. Uhomoibhi, S. Zvacek, & B. M. McLaren (Eds.), *International Conference on Computer Supported Education* (pp. 3–13). Cham: Springer.
- Coburn, C. (2003). Rethinking Scale: Moving Beyond Numbers to Deep and Lasting Change. *Educational Researcher*, 32(6), 3–12.
- Gaona, J. (2018a). Instructors' decision making when designing resources: the case of online assessments. En V. Giritana, T. Miyakawa, M. Rafalska, & S. Soury-Lavergne (Eds.), *Re(s)ources 2018 International Conference* (pp. 279–282). Lyon: École Normale Supérieure de Lyon.
- Gaona, J. (2018b). Integrar tecnología en la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, factores claves. *Revista de Gestión de la Innovación en Educación Superior*, 3.
- Gaona, J., & Hardy, C. (2014). La evaluación dinámica como motor de aprendizaje incorporando Wiris en Moodle. Un ejemplo de nivelación en matemáticas. En M. Asenjo, O. Macía, & J. Toscano (Eds.), *Congreso Iberoamericano de ciencia, innovación y educación* (pp. 1–15). Buenos Aires: OEI.
- Gaona, J., Reguant, M., Valdivia, I., Vásquez, M., & Sancho-Vinuesa, T. (2018). Feedback by automatic assessment systems used in mathematics homework in the engineering field. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(4), 994–1007.
- Jones, K., & Pepin, B. (2016). Research on mathematics teachers as partners in task design. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 19(2–3), 105–121.
- Kuzniak, A., Tanguay, D., & Elia, I. (2016). Mathematical Working Spaces in schooling: an introduction. *ZDM - Mathematics Education*, 48(6), 721–737.
- Ruthven, K. (2007). Teachers, technologies and the structures of schooling. En D. Pitta-Pantazi & C. Philippou (Eds.), *Proceedings of the 5th Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (Vol. 5, pp. 52–67). Larnaca: Department of Education - University of Cyprus.
- Trigueros, M., Lozano, M., & Sandoval, I. (2014). Integrating Technology in the Primary School Mathematics Classroom: The Role of the Teacher. En A. Clark-Wilson, O. Robutti, & N. Sinclair (Eds.), (Vol. 2, pp. 111–138). Dordrecht: Springer. <http://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1>
- Trouche, L. (2004). The Complex Process of Converting Tools into Mathematical Instruments : The Case of Calculators. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9, 281–307.