

CREATIVIDAD, COMPETENCIA DIGITAL Y FORMACION DE DOCENTES DE MATEMATICAS EN SECUNDARIA

Silvia Carvajal, Joaquín Giménez, Vicenç Font, Adriana Breda
Universitat de Barcelona. (España), Universitat de Barcelona. (España), Universitat de Barcelona. (España), Universidad de Los Lagos. (Chile)
scarvajal@ub.edu, quimgimenez@ub.edu, vfont@ub.edu, adriana.breda@gmail.com

Resumen

Este trabajo se centra en buscar indicadores del pensamiento matemático creativo en el uso de herramientas digitales de los alumnos del Master Interuniversitario de formación de profesores de Matemáticas de Catalunya, España. Se presenta una herramienta que permite visualizar lo creativo en los trabajos finales de formación de los docentes. Para cada futuro docente se visualiza la valoración global de cada una de las dimensiones en forma gráfica. Este gráfico nos permite realizar una evaluación gráfico-numérica del potencial creativo en el uso de herramientas digitales.

Palabras clave: creatividad, competencia digital, secundaria, formación de profesores

Abstract

This report focuses on searching for indicators on the creative mathematical thinking in the use of digital tools by the students of the Master's Degree of Secondary Education Mathematics Teacher Training in Catalunya, Spain. We present tool that allows visualizing creativity in the final research works of prospective teachers. An overall assessment of each dimension is shown in a graphic way, for each prospective teacher. It allows us to carry out a graphical-numerical assessment of prospective masters' creative potential in the use of digital tools.

Key words: creativity, digital competence, secondary education, teacher training

■ Introducción

En la segunda década del siglo XXI los futuros docentes son usuarios de las tecnologías digitales pero las relacionan básicamente a las redes sociales y no tanto a las actividades que planifican y piensan para sus futuros estudiantes. La falta de conocimiento profundo, habilidades y experiencias propias dificultan la integración de la tecnología en sus clases de forma que les ayude a que sus propuestas sirvan para que los estudiantes aprendan, incluso cuando saben la importancia de ello. Esto es debido a que el desarrollo de la competencia digital por medio de herramientas digitales para resolver situaciones-problema de ámbito matemático comporta un cierto tipo de pensamiento matemático creativo en el alumno. Y hay un acuerdo que los programas de formación de profesores deben proporcionar a los futuros profesores una formación amplia no sólo sobre el uso de los medios digitales, sino también de su valor para enriquecer el diseño de tareas matemáticas con sus nuevos desafíos (Polo, 2017).

La creatividad y, en particular, la creatividad matemática es un concepto complejo y polisémico que ha sido considerado en muchas investigaciones y se ha enfocado desde muchos puntos de vista. Existen investigaciones centradas en los sujetos creativos, en el proceso creativo, en el producto creativo o en el ambiente creativo. Por ejemplo, Font, Godino y Gallardo (2013) han enfatizado sobre cómo la creatividad pone en juego la emergencia de objetos y procesos matemáticos.

En el trabajo de Sequera, Giménez y Servat (2005) se indica que en un proceso de instrucción se potencia la creatividad si se fomenta la originalidad, flexibilidad, fluidez y elaboración de ideas matemáticas. Ahora bien, el interés y novedad de nuestro trabajo está en reconocer cómo los futuros docentes entienden la construcción de tareas con potencial creativo. Así, nuestro objetivo prioritario es reconocer indicadores de potencial de pensamiento matemático creativo que evocan los futuros profesores en su propuesta escolar y reconocen en su trabajo final de Master, de forma que nos permita disponer de un instrumento que permita evaluarlo.

■ Marco teórico

Richter, Barquero, Font y Barajas (2014) en las primeras fases de investigación en el marco del proyecto europeo MC2 proponen seis procesos que promueven la Creatividad matemática y el Pensamiento matemático creativo (PMC). Consideramos que es un referente importante porque esta noción permitió analizar propuestas creativas de actividades escolares con formatos digitales (Papadopoulos, Barquero, Richter, Daskolia, Barajas & Kynigos, 2015).

A partir de estas reflexiones, nuestra hipótesis es que para evaluar la competencia digital desarrollada, se consideran siete dimensiones (siguiendo a Sala, Font, Barquero y Giménez, 2017): 1) apertura y versatilidad (genera fluidez en respuestas posibles y abre perspectivas flexibles en la construcción de significados e ideas matemáticas, y procesos); 2) incluye problematización (potencia la propuesta de problemas matemáticos diferentes a los planteados inicialmente); 3) aporta conexionalismo (fomenta conexiones representacionales entre conceptos matemáticos, con otras ciencias y el mundo real); 4) promueve exploración y conjeturación (en base a reconocer objetos y procesos originales); 5) genera elementos de validación (control, sistematización y evaluación de las propuestas elaboradas); 6) promueve aspectos emocionales (acerca del valor investigativo de la actividad matemática y el placer por conseguir resultados novedosos); y 7) desarrolla aspectos sociales y comunicativos.

Para concretar estas dimensiones en cuanto a la competencia digital, partimos del marco teórico llamado TPACK, en donde se considera que existe una intersección entre la competencia digital y la propuesta de creatividad matemática en cuanto parte de lo didáctico. TPACK es un marco para describir y comprender los fines del uso de las tecnologías que se relaciona con los componentes del conocimiento (lo didáctico, el contenido y lo tecnológico) (Koehler & Mishra, 2009).

A priori se consideran los siguientes indicadores para 1) la apertura: 1a) El uso de recursos digitales incluye problemas o cuestiones matemáticas abiertas; 1b) El uso de recursos digitales incluye construcciones que estimulan el pensamiento matemático. 1c) El uso de recursos digitales estimula al alumnado a buscar múltiples soluciones. 1d) El uso de recursos digitales promueve a que el alumnado

busque y use múltiples estrategias para resolver el problema. 1e) El uso de recursos digitales fomenta la generalización de fenómenos reales usando las matemáticas, yendo de lo concreto hacia lo general.

Para analizar 2) la problematización consideramos los indicadores siguientes: 2a) El uso de recursos digitales incluye problemas concebidos, ideados y formulados por el alumnado; 2b) El uso de recursos digitales promueve a que el alumnado genere nuevas y originales preguntas para ampliar la investigación del problema inicial. Para analizar 3) las conexiones consideramos si 3a) el uso de recursos digitales ofrece al alumnado oportunidades para establecer conexiones entre diferentes áreas de conocimiento y las matemáticas (conexiones interdisciplinarias, conexiones extra-matemáticas). 3b) El uso de recursos digitales ofrece al alumnado oportunidades para establecer conexiones entre diferentes campos o conceptos. 3c) Y también si el uso de recursos digitales ofrece al alumnado oportunidades para establecer conexiones entre diferentes representaciones de un mismo concepto matemático.

Para analizar 4) la dimensión de exploración y conjeturación, observamos si 4a) el uso de recursos digitales fomenta la actividad exploratoria y de experimentación del alumnado. 4b) El uso de recursos digitales estimula a los estudiantes para que formulen y contrasten sus conjeturas matemáticas. Para reconocer 5) la dimensión de validación y evaluación, consideramos si el uso de recursos digitales fomenta a que el alumnado piense, reflexione, resuma y evalúe el trabajo matemático desarrollado.

Para identificar 6) la dimensión emocional, buscamos evocaciones que reconozcan si 6a) el uso de recursos digitales promueve un importante compromiso generando la percepción de que las matemáticas son útiles, tanto en un contexto matemático como en la vida diaria. Asimismo, si 6b) el uso de recursos digitales promueve un importante compromiso generando un sentimiento de placer, diversión, de reto (narrativas, características de los juegos, sentimientos de fluidez/inmersión en las actividades, etc.). Y también, si 6c) el uso de recursos digitales promueve compromiso energicamente generando un sentimiento de placer estético a partir del contacto con conceptos matemáticos. Por último, consideramos que para analizar 7) la dimensión social, evidenciamos si 7a) el uso de recursos digitales estimula la colaboración, cooperación y la interacción entre el alumnado participante. Y si 7b) el uso de recursos digitales promueve el desarrollo de las habilidades comunicativas del alumnado.

■ Metodología implementada

Se usa una metodología cualitativa etnográfica que permite constatar que los indicadores a priori se encuentran en los textos del discurso de los futuros docentes de forma diferente. Para ello, se analizan 20 trabajos finales del Master Interuniversitario (TFM) de formación de profesores de Matemáticas de Catalunya. Para cada TFM se identifican alusiones del uso creativo de herramientas digitales que ponen en evidencia algunos de los indicadores de cada una de las dimensiones citadas y se visualiza la valoración global de cada una las categorías mediante un polígono de siete vértices en forma radial. Los vértices del polígono sombreado se obtienen a partir de la puntuación media de cada dimensión (con un cierto valor corrector en las que únicamente hay uno o dos indicadores). La puntuación mínima corresponde al centro del polígono y la máxima a cada uno de los vértices del polígono exterior. La proporción del polígono interior en relación con el exterior da una primera descripción gráfica-numérica del potencial creativo en el uso de herramientas digitales de los alumnos del máster. Cada vértice del polígono interior indica en qué medida cada dimensión ha sido integrada en sus TFM al hacer uso de herramientas digitales.

A partir de estas observaciones, cada uno de los futuros docentes analizados se agrupa en tres tipos de perfiles, asociándolos a las formas de los polígonos encontrados. Así, consideramos que caracterizamos tres tipos de futuros docentes: un perfil alto de la competencia asociado a un polígono cercano al convexo; un perfil medio asociado a figuras con entrantes en donde se muestra ausencia de algunas de las dimensiones y por lo tanto aparece una asimetría evidente. Por último, una categoría de perfil bajo de la competencia, que se observa en un polígono tendiente a la forma estrellada o incluso triangular, con bajos puntajes en las diversas dimensiones.

■ Resultados

A continuación, las figuras 1, 2 y 3 muestran tres representaciones de la evaluación del PMC en el uso de herramientas digitales de tres alumnos del máster, que se consideran característicos de cada uno de los perfiles de futuro profesor.

En la figura 1, se muestran los resultados de un futuro profesor de secundaria de matemáticas (FP1) de perfil bajo, en donde se puede observar un marcado desequilibrio en la figura, en donde se promueve únicamente tres dimensiones y con una baja puntuación en apertura, versatilidad y generalización, conexiones y exploración y conjeturación.

La propuesta de enseñanza implementada trabaja las derivadas en alumnos de 15-16 años. En su propuesta, el FP1 indica que “*las derivadas realizadas se validaban de manera gráfica con el programa GeoGebra observando intervalos de crecimiento, extremos relativos, etc.*” (evidencia 1b). Asimismo, indica que “*mediante el uso del GeoGebra los estudiantes resolvían los problemas mediante dos métodos: resolución algebraica y resolución gráfica*” (evidencias 1d y 3c). Y propone una actividad con el GeoGebra cuyo objetivo es que los alumnos dibujen diferentes funciones a “trozos” y comprueben si realmente estas funciones son continuas y derivables en los posibles puntos conflictivos susceptibles de discontinuidades (evidencia 4b).

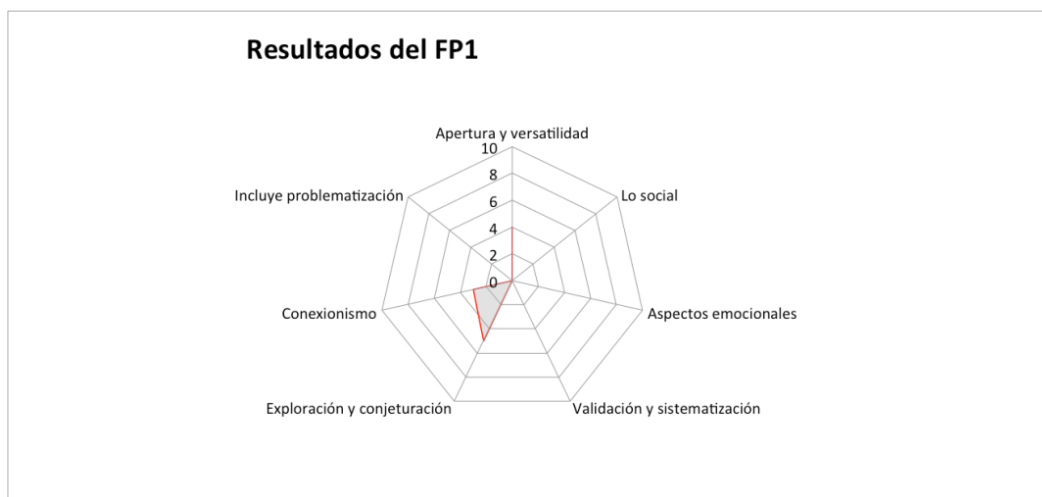


Figura 1. Resultado gráfico-cuantitativo del FP1

En la figura 2, se muestran los resultados de un futuro profesor de secundaria (FP2) que se considera de perfil medio, en donde se puede observar que hay una asimetría en cuanto al uso creativo de herramientas digitales: se promueve exploración y conjeturación y validación y evaluación con una alta puntuación, y, por otro lado, echamos en falta incluir la problematización y trabajar aspectos emocionales en actividades creativas con herramientas digitales.

La propuesta de enseñanza que implementó el FP2 se centra en las operaciones con fracciones con alumnos de 11-12 años. Las únicas evidencias de apertura encontradas son que *“El alumno, mediante dos applets, trabaja las operaciones con fracciones a partir de la representación gráfica de fracciones con denominador común”* (evidencia 1b) y *“utiliza de forma conjunta el método gráfico y el algebraico”* (evidencias 1d y 3c).

En el guión que se les reparte a los alumnos se les enuncian preguntas como la siguiente que indican un cierto nivel de conjeturación y validación. *“A continuación trabajaremos el producto de fracciones. Escribe en el applet del producto de fracciones, un tercio por seis séptimos. ¿En cuántos rectángulos se ha dividido el cuadrado? ¿Por qué? ¿Cuántos hay pintados? ¿Por qué? ¿Cuál es el resultado de la operación?”* (evidencias 4a y 4b). *“Los alumnos tienen que validar si el resultado gráfico coincide con el resultado algebraico y plasmar el proceso efectuado respondiendo a las diferentes preguntas del guion”* (evidencia 5). En la explicación sobre la metodología de la actividad el futuro profesor explica: *“Primero, el profesor tendría que explicar, con la ayuda del proyector o la pantalla digital, cómo se utiliza el programa y, después, se tendría que hacer una lectura conjunta con toda la clase. Segundo, se procedería a responder las preguntas individualmente con la ayuda del applet del GeoGebra. Finalmente, se haría una puesta en común”* (evidencia 7b).



Figura 2. Resultado gráfico-cuantitativo del FP2

En la figura 3, se muestran los resultados de un futuro profesor de secundaria matemáticas (FP3) en donde se puede observar cierto equilibrio creativo. Su propuesta de enseñanza trabaja las transformaciones isométricas con alumnos de 14-15 años. Por la multitud de evidencias encontradas, añadimos únicamente algunas de ellas.

El FP3 muestra una reflexión en la que hay apertura. Indica que es importante la realización de actividades con medios audiovisuales *“Se les propone un concurso de fotografía matemática como actividad individual y voluntaria”* (evidencia 1a). *“Los alumnos realizan una actividad introductoria al concepto de vector mediante el programa interactivo GeoGebra. Parten de una hoja en blanco de GeoGebra y dibujan un vector a partir de dos puntos. Posteriormente, responden a diferentes preguntas sobre las características de sus elementos. Las preguntas las podrán responder observando, deduciendo y también experimentando”* (evidencia 1b). En otros pasajes el FP3 muestra la idea no sólo de usar un software de geometría dinámica sino reconoce la importancia de los applets para trabajar con variables problemáticas. Así, indica que *“se incluye una actividad sobre las teselaciones de Escher en donde cada grupo recibe teselaciones diferente en un archivo GeoGebra. Los alumnos responden a las preguntas que se les plantean a partir de la manipulación del applet”* (evidencias 1d y 1e).

Es consciente del valor de la problematización y la flexibilidad, como se ve en diversos pasajes. *“Se incluye como actividad un vídeo en el que se explican los movimientos en el plano aplicados al mundo real. Una de las preguntas que se les plantea a los alumnos es: ¿Cuántos mosaicos semiregulares se pueden formar a partir de polígonos regulares? Dibuja algunos”* (evidencia 2b). El FP3 explicita que en el trabajo de fotografía, permite conexiones extramatemáticas: *“... se conectan las matemáticas con otras disciplinas”* (evidencia 3a). O bien intramatemáticas *“... en esta actividad el alumno relaciona la composición de los diferentes movimientos en el plano con los movimientos estudiados en las actividades anteriores (traslaciones, simetrías y giros)”* (evidencia 3b).

En cuanto a la dimensión de conjeturación y exploración, el FP3 explicita estos aspectos en sus comentarios, mostrando su consciencia de que es importante: *“Prácticamente todas las actividades de traslaciones, simetrías y giros se realizan a través de la exploración y experimentación por parte del alumnado”* (evidencia 4a). Alude al trabajo colaborativo: *“Las preguntas las resuelven de manera individual, compartiendo las respuestas y ayudándolos, promoviendo la intervención de otros miembros del grupo para ampliarlas. Con esta actividad se trabaja en todo momento la comunicación, la exploración y la argumentación”* (evidencia 4b). El FP3 alude en diversas ocasiones a lo emocional cuando dice que *“Se incluyen diferentes ejemplos en los que las traslaciones, los giros y las simetrías aparecen en nuestra vida cotidiana: simetría del cuerpo humano, simetrías y giros en la naturaleza, elementos ornamentales en manifestaciones arquitectónicas y artísticas, etc.”* (evidencia 6a). *“El hecho de que la actividad fotográfica sea voluntaria, abierta, ambientada en el mundo real y que utilice la fotografía como recurso hace que el alumnado se motive”* (evidencia 6b). *“Se introducen cualidades estéticas gracias a las matemáticas”* (evidencia 6c).

El futuro docente FP3 alude al valor matemático de lo social como la colaboración y una gestión no directiva. Así, indica que *“Todas las actividades se han pensado para que los alumnos investiguen, deduzcan, experimenten y extraigan conclusiones en grupo. Son actividades pautadas mediante diferentes preguntas cuyo objetivo es que los alumnos se cuestionen lo que están haciendo y lleguen a los conceptos de manera autónoma”*. (evidencias de indicadores 5, 7a y 7b)



Figura 3. Resultado gráfico-cuantitativo del FP3

Después de analizar los veinte trabajos, y asignar a cada uno la categoría de perfil correspondiente, podemos ver que en el perfil bajo se encuentran 5 futuros docentes (25 %), 9 en el perfil medio (45 %) y 6 en el perfil alto (30 %).

■ Conclusiones

El análisis realizado nos ha permitido constatar que los indicadores definidos a priori evalúan el potencial creativo del uso de herramientas digitales en las propuestas de enseñanza de sus TFM. En definitiva, podemos caracterizar tres grupos de FP: (1) un primer grupo con casi nula consideración de lo creativo, aunque propone tareas interesantes y adecuadas, (2) un segundo grupo en el se evidencian algunas de las dimensiones y se excluyen otras, y, por consiguiente, el resultado gráfico-cuantitativo es asimétrico en cuanto al uso de lo creativo y (3) un tercer grupo en el que se observan resultados cuya representación gráfica muestra cierto equilibrio creativo.

Observamos que existen determinados contenidos matemáticos cuyas propuestas de enseñanza en sus TFM muestran cierto equilibrio creativo y estas propuestas suelen trabajar contenidos matemáticos que se han abordado profundamente a lo largo del máster y, por lo tanto, los futuros profesores optan con más material. Por el contrario, existen otras propuestas en las que los futuros profesores no han considerado información complementaria a lo largo del máster y, en estos casos, los futuros profesores obtienen una puntuación en el uso creativo de recursos digitales muy baja. Por último, también observamos que hay ciertas dificultades en explicitar el valor creativo del uso de herramientas digitales en las dimensiones de problematización y conexiones. Este aspecto es preocupante porque quizá la visión epistemológica de estos futuros profesores les puede llevar a ser repetitivos y no abiertos en su desarrollo profesional.

■ Agradecimientos

Este trabajo de investigación se ha llevado a cabo en el contexto del proyecto EDU2015-64646-P (MINECO/FEDER, EU) del Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España.

■ Referencias bibliográficas

- Font, V., Godino, J. D. & Gallardo, J. (2013). The emergence of objects from mathematical practices. *Educational Studies in Mathematics*, 82(1), 97-124.
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Papadopoulos, I., Barquero, B., Richter, A., Daskolia, M., Barajas, M. & Kynigos, C. (2015). Representations of creative mathematical thinking in collaborative designs of c-book units. In *CERME 9-Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 2381-2387).
- Polo M. (2017) The Professional Development of Mathematics Teachers: Generality and Specificity. In: Aldon G., Hitt F., Bazzini L., Gellert U. (eds) *Mathematics and Technology. Advances in Mathematics Education*. Springer, Cham
- Ritcher, A., Barquero, B., Font, V. & Barajas, M. (2014). ¿Cómo promover la creatividad matemática? El papel de las comunidades de interés y del diseño de c-unidades. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa* 28, 731 – 738.
- Sala, G., Font, V., Barquero, B. & Giménez, J. (2017). Contribución del EOS en la construcción de una herramienta de evaluación del pensamiento matemático creativo. *Segundo Congreso Internacional Virtual sobre el Enfoque Ontosemiótico del Conocimiento y la Instrucción Matemáticos: Actas*. Granada: Universidad de Granada.
- Sequera, E., Giménez, J., & Servat, J. (2005). Detecting traits of creativity potential in mathematics tasks with prospective primary teachers In T Meissner (ED) *.EARCOME V*. Shangai.