

REVISTA DE ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN
EN PSICOLOGÍA Y EDUCACIÓN

ISSN: 1138-1663; eISSN: 2386-7418

2022, Vol. 9, No. 1, 76-96.

DOI: <https://doi.org/10.17979/reipe.2022.9.1.8812>



UDC / UMinho

Análisis de una prueba para medir la creatividad matemática

Analysis of a test for measuring mathematical creativity

María Salazar  <https://orcid.org/0000-0001-7756-905X>

Rosario Bermejo  <https://orcid.org/0000-0002-2430-9200>

Mercedes Ferrando  <https://orcid.org/0000-0001-9198-1390>

Departamento de psicología evolutiva y de la educación, Facultad de educación
Universidad de Murcia: <https://www.um.es/web/psico-evolutiva/> – <https://www.um.es>
Murcia – España

Este estudio está realizado al amparo del proyecto I+D “Atención a la Diversidad de los estudiantes de altas Habilidades: Superdotados y Talentos”, financiado por el Ministerio de Economía y Competitividad (EDU2014- 53646-R).

Correspondencia relativa a este artículo: María Salazar – maria.salazar@um.es

Resumen

El objetivo de este trabajo es examinar el constructo de creatividad matemática en la educación secundaria y su relevancia, así como su posible medida a través de la invención y resolución de problemas de respuesta abierta. El estudio contó con una muestra de 62 estudiantes de entre 12 y 14 años, todos ellos superdotados y con talento, y se realizó durante una serie de talleres de enriquecimiento. El instrumento de medida utilizado fue el Test de Capacidad de Resolución de Problemas Matemáticos Creativos (MCPSAT), que consiste en cuatro tareas de resolución de problemas para evaluar las dimensiones clásicas de la creatividad (fluidez, flexibilidad y originalidad). Para evaluar la originalidad, se obtuvo un cociente de creatividad. Los resultados revelaron que las más eficaces para medir la creatividad matemática son la Tarea 1 ("Los dieciséis puntos") y la Tarea 4 ("Prisma de agua"). Además, la prueba mostró una estructura interna adecuada, indicando una mayor correlación entre las dimensiones intra-tarea que entre las dimensiones o habilidades creativas.

Palabras-clave: creatividad matemática, resolución de problemas, fluidez, flexibilidad, originalidad

Abstract

The aim of this paper is to examine the construct of mathematical creativity in secondary education, as well as its measurement through problem posing and problem solving. The study consisted of a sample of 62 high school students aged 12-14 years, all of them gifted and talented, and was conducted during a series of enrichment workshops. The measurement instrument used was the Mathematical Creative Problem Solving Ability Test (MCPSAT), which consists of four problem-solving tasks to assess the classic dimensions of creativity (fluency, flexibility and originality). To assess originality, a creativity quotient was obtained. The results revealed that the most effective to measure mathematical creativity are Tasks 1 ('The Sixteen Points') and Task 4 ('Water Prism'). In addition, the test displayed an adequate internal structure, indicating a greater correlation between intra-task dimensions than between creative dimensions or abilities.

Keywords: mathematical creativity, problem solving, fluency, flexibility, originality

En los últimos años se ha incrementado el interés por la creatividad en el dominio de las matemáticas, en parte debido a los cambios curriculares que abogan por el fomento de un pensamiento crítico y creativo (LOE, 2006; LOMCE, 2013; LOMLOE, 2020). Ambas habilidades contribuyen a la independencia y autonomía personal y capacitan al individuo para lidiar con nuevas situaciones (Craft, 2002). Asimismo, las matemáticas juegan un papel importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes debido a que proporcionan competencias necesarias para desenvolverse en la sociedad actual.

De acuerdo con las políticas educativas vigentes, en la etapa de Educación Primaria (Real Decreto 126/2014), encontramos que el área de matemáticas es una asignatura troncal y los procesos de resolución de problemas destacan como uno de los ejes principales de la actividad matemática, debido a que constituyen la piedra angular de la educación matemática. Para la etapa de Educación Secundaria (Real Decreto 1105/2014), la resolución de problemas continúa siendo el objetivo principal. Si prestamos atención al currículo de matemáticas, este deja cabida a la creatividad en los contenidos relacionados con la solución o el planteamiento de problemas. En este sentido, cabe destacar las aportaciones de distintos investigadores, quienes vinculan, el inventar y el resolver problemas con el desarrollo del conocimiento matemático y de la creatividad (Krutetskii, 1976; Silver, 1997; Stoyanova, 1997). Es por ello que enfocamos este trabajo a la evaluación de la creatividad matemática, pues queda patente la relación entre la creatividad y la resolución de problemas desde una doble vertiente: construcción y evaluación del conocimiento.

Así pues, partiendo de la premisa de que existe un tipo de creatividad específica del área de matemáticas (Hwang et al., 2017; Sriraman, 2005; 2008) y que la literatura recoge que la creatividad se puede favorecer (Lee et al., 2003; Seckel et al., 2019; Silver, 1997; Sriraman, 2008; Usiskin, 2000), en este trabajo intentamos delimitar qué es la creatividad matemática en el contexto escolar y cómo evaluarla, con el fin último de fomentar la realización de propuestas educativas futuras, que aboguen por la enseñanza de la creatividad matemática.

Creatividad matemática en el contexto escolar

La valoración de la creatividad matemática en la literatura científica incluye diferentes habilidades como: formular hipótesis en situaciones matemáticas; determinar patrones matemáticos; superar las fijaciones algorítmicas; considerar ideas inusuales en matemáticas; detectar posibles faltas de datos en una situación matemática y, por consiguiente, plantear preguntas que permitan cubrir el vacío de esa información; y descomponer un problema general

en sub-problemas específicos (Balka, 1974). De forma más sucinta, Krutetskii (1976) la define como la capacidad para resolver problemas matemáticos, encontrar las soluciones posibles para estos problemas, inventar fórmulas, leyes, y descubrir un método original para resolver problemas inusuales.

En el contexto educativo, la creatividad matemática está relacionada con la solución y el planteamiento de problemas; y se la identifica con el proceso por el cual, sobre la base de la experiencia, los estudiantes construyen interpretaciones personales de situaciones concretas y, desde estas, formulan problemas matemáticos significativos (Silver, 1997).

Usiskin (2000) establece una jerarquía de 8 niveles para identificar el potencial creativo del talento matemático, que partiría desde el nivel 0 (sin talento), al nivel 7 (grandes matemáticos de todos los tiempos) y afirma que, si se proporciona la instrucción y motivación necesaria, sería posible ir subiendo de nivel. Sriraman (2005), sobre la clasificación de Usiskin (2000), apunta que el matemático profesional se situaría en el nivel 5 de la jerarquía y que la creatividad matemática aparece en los niveles 6 y 7. Este autor afirma que la creatividad matemática en el contexto escolar se asocia con la capacidad del estudiante para ofrecer respuestas inusuales e ingeniosas a problemas dados e incluso ofrecer soluciones y enfoques nuevos a problemas tradicionales, lo que hace que estos se aborden desde un planteamiento más imaginativo. En este sentido, la creatividad matemática va más allá de la comprensión vivaz de conceptos matemáticos y el desarrollo de operaciones matemáticas complejas a un nivel más abstracto (Sriraman, 2005). Además, Leikin (2009) apunta que la creatividad matemática requiere las capacidades de observación y evaluación, a través de una lente múltiple para solucionar problemas matemáticos de diferentes maneras, habilidades estas propias de los matemáticos creativos.

De acuerdo con Sriraman, la creatividad matemática implica la habilidad de producir trabajos originales que amplíen significativamente el campo de conocimiento o la formulación de cuestiones a otros matemáticos, de forma que el planteamiento de problemas clásicos de matemáticas sea abordado desde un punto de vista más imaginativo y novedoso. Sriraman (2008) añade que, para que la creatividad matemática se fomente en el aula, se debe presentar a los estudiantes oportunidades para abordar problemas complejos cuya solución implique motivación, persistencia y reflexión. Porque, tal y como ya se ha recogido anteriormente, este tipo específico de creatividad exige un pensamiento flexible para cambiar operaciones y patrones a otros cualitativamente diferentes, lo cual depende de la apertura de pensamiento y de la exploración de diversos enfoques de un problema. Bajo este enfoque, la creatividad jugaría

un papel esencial, ya que los individuos creativos son aquellos que son capaces de generar nuevos conocimientos. En esta línea, Bermejo et al. (2014) apuntaron la importancia de la enseñanza y de la estimulación de los conocimientos específicos de las áreas de ciencias, para la manifestación del potencial creativo de dominio específico y de habilidades propias de los científicos. Así, Sak y Maker (2002) afirman que tener conocimientos específicos en el área de matemáticas tiene un peso importante a la hora de la manifestación del potencial creativo matemático en los estudiantes, y así se ha evidenciado en trabajos más actuales, que además apuntan que el pensamiento convergente contribuye al rendimiento matemático y facilita el razonamiento matemático (de Vink, 2021; Tan y Sriraman, 2017).

Siguiendo a Mann (2005), es importante que el profesorado sea capaz de detectar a los alumnos que pueden desarrollar esta creatividad matemática, ya que identificar este potencial facilita su estimulación y desarrollo dentro del aula. En un sentido similar, poder evaluar este tipo de creatividad permite a los profesores tener mayor seguridad para fomentar esta habilidad en el aula y afianzar sus propias actuaciones para desarrollar esta habilidad (Lucas et al., 2013). La intuición de algunos profesores con experiencia y perspicacia puede ayudar a identificar aquellos alumnos que pueden tener un potencial alto en la realización y el disfrute de las tareas matemáticas. Son alumnos que les gusta jugar con los conceptos matemáticos, y con los números para resolver problemas de su vida cotidiana, entre otras características. Pero, no todos los docentes tienen esta facilidad para poder identificar a este tipo de alumnado. En esta línea, destacamos el estudio de Steckel et al. (2019), quienes apuestan por la formación de profesores en materia del desarrollo de la creatividad matemática con el fin de que se les brinde herramientas que les permitan desarrollar y evaluar esta competencia en los estudiantes.

Además, en la literatura científica se encuentran múltiples instrumentos para medir la creatividad en matemáticas. Desde los test clásicos, que recogen gran número de tareas (Haylock, 1984), hasta los planteamientos más actuales, que contemplan una perspectiva más contextualizada. En el siguiente apartado recogemos algunas de las propuestas más sobresalientes.

Creatividad matemática y su medida

En la actualidad, lógica, cálculo y razonamiento viso-espacial desempeñan un papel fundamental en los tests de inteligencia. No obstante, desde este punto de vista de la inteligencia no siempre se tienen en cuenta variables ambientales y en relación con la creatividad. Es por ello que se torna relevante hallar otra forma de evaluar, en la que se

contemple la creatividad. En la literatura encontramos distintos instrumentos para identificar la creatividad de dominio específico, ya sea en el área de ciencias (Hu y Adey, 2002; Sak y Ayas; 2013; Mohamed, 2006) o matemáticas (Kattou et al., 2013; Lee et al., 2003; Sriraman, 2004). En este sentido, destacamos que estos instrumentos están compuestos por diferentes tareas de habilidad, donde los estudiantes se enfrentan a la resolución de problemas, interrogantes, creación de productos inusuales o planteamiento de hipótesis. Concretamente, en el dominio específico de la creatividad matemática, cabe destacar las aportaciones de diversos autores en relación con instrumentos para evaluar esta habilidad.

Uno de los primeros intentos por medir la creatividad matemática es el test diseñado por Balka (*CAMT*, Creative Ability Mathematic Test, 1974), basado en la teoría de Guilford (1959) y Torrance (1966). Para la construcción de este instrumento se recurrió a paneles de expertos: profesores de matemáticas, profesionales matemáticos, y otros profesionales relacionados con el área de las matemáticas. El test consta de seis tareas, cada una de las cuales mide una capacidad distinta: a) formular hipótesis sobre causa y efecto en situaciones matemáticas; b) determinar patrones en situaciones matemáticas; c) romper fijaciones mentales establecidas y obtener soluciones en una situación matemática; d) considerar y evaluar ideas matemáticas inusuales; e) percibir lagunas de información en una situación matemática y plantear cuestiones que permitan cubrir esa carencia; y f) dividir problemas matemáticos generales en problemas específicos. Las tareas miden tanto el pensamiento convergente (la adecuación de las respuestas al problema propuesto) como el pensamiento divergente (la fluidez, flexibilidad y originalidad en las respuestas).

Haylock (1984) diseña una batería de tareas para medir dos aspectos fundamentales de la creatividad matemática: a) la habilidad para romper las fijaciones mentales (superar fijaciones); y b) la producción divergente en matemáticas. Además de basarse en las teorías de Guilford (1959) y Torrance (1966), toma como referencia las aportaciones de Krutetskii (1976). La batería consta de 21 actividades: 8 evalúan superación de fijaciones y exigen flexibilidad mental, ya que implican combinar métodos distintos de forma inusual, así como los conocimientos previos para solucionar un problema. Las otras 13 actividades miden la producción divergente en los ámbitos espacial y numérico y se agrupan en torno a tres tipos de actividades: 1) solución de problemas; 2) planteamiento de problemas; y 3) redefinición de problemas (ofrecer nuevas interpretaciones de objetos familiares para utilizarlos de maneras nuevas). Los tres tipos de tareas miden fluidez, flexibilidad y originalidad.

Stoyanova (1997) se centra en el planteamiento de problemas como medida de la

creatividad. Esta autora concibe la creatividad matemática como un proceso por el cual los estudiantes, basándose en su experiencia matemática, construyen interpretaciones personales de situaciones concretas, sobre las cuales formulan problemas matemáticos significativos (Yuan y Sriraman, 2011). Desarrolla un instrumento conformado por tres tipos de tareas: situación libre (los estudiantes tienen que generar problemas a partir de una situación dada); semi-estructurada (a los estudiantes se les da una situación abierta y se les pide que la completen a partir de sus conocimientos matemáticos previos); y estructurada (consiste en formular problemas a partir de otro problema específico dado). El instrumento mide las variables del pensamiento divergente referidas a la fluidez, flexibilidad y originalidad; además también considera los conocimientos de los alumnos.

Ya en el siglo XXI, Lee et al. (2003) realizan una revisión de los instrumentos de medida de la creatividad matemática, concluyendo que las tareas más adecuadas son los problemas de respuesta abierta o tareas cuya solución exija más de una respuesta. Fruto de la mencionada revisión, los autores diseñan un instrumento compuesto por cinco tareas cuidadosamente seleccionadas de distintos tests, que recogemos en nuestro estudio empírico. Dichas tareas evalúan las dimensiones de fluidez, flexibilidad y originalidad. El objetivo de este trabajo es estudiar el funcionamiento de la prueba de creatividad matemática propuesta por Lee et al. (2003), en una muestra de alumnos de altas habilidades.

De forma más reciente, Kattou et al. (2013) también abogan por diseñar un test compuesto por tres tareas de solución múltiple (*The Mathematical Creativity Test, MCT*), que evalúa la creatividad matemática desde las dimensiones clásicas de la creatividad, al igual que muchas de las pruebas descritas en este apartado. Esta prueba resulta relevante en el estudio de la creatividad matemática ya que ha sido empleada en estudios recientes con el fin de vislumbrar el rol del pensamiento divergente y convergente en la creatividad matemática (de Vink et al., 2021; Schovers et al., 2020).

Método

Participantes

La muestra de este estudio estuvo compuesta por un total de 62 estudiantes, con edades comprendidas entre los 12 y 14 años ($M = 13$; $DT = .54$) quienes estaban escolarizados en dos centros de la Región de Murcia, en los que se implementaban Talleres de Pensamiento Científico-Creativo para estudiantes de altas habilidades. Estos estudiantes fueron identificados indistintamente por el servicio de orientación del centro o por miembros del Grupo de

Investigación de Altas Habilidades de la Universidad de Murcia, siguiendo ambos el protocolo propuesto por Castelló y Batlle (1998).

Instrumento

En el presente estudio se utilizó la prueba *Mathematical Creative Problem Solving Ability Test (MCPSAT)* desarrollada por Lee et al. (2003), la cual se adaptó al contexto español por el grupo de investigación de Altas Habilidades de la Universidad de Murcia. Esta prueba consta de 5 tareas, cuyo objetivo es evaluar las tres grandes habilidades de la creatividad dentro del campo matemático: fluidez (número de respuestas); flexibilidad (número de respuestas diferentes); y originalidad (grado de singularidad de respuestas). Las tareas son las siguientes:

- *Tarea 1: Los dieciséis puntos.* Consta de 16 puntos separados entre sí por 1cm vertical y horizontalmente. El estudiante tiene que dibujar tantas figuras de 2cm^2 como sea posible.
- *Tarea 2: Hexágono Regular.* Consta de tres conjuntos de hexágonos regulares que deben unirse de maneras diferentes.
- *Tarea 3: Las canicas.* Consta de cinco canicas, las cuales son lanzadas por tres estudiantes, el ganador es al que se le queden las canicas menos dispersas. Se trata de que el estudiante explique el grado de dispersión de las canicas lanzadas.
- *Tarea 4: Prisma de agua.* Consta de un prisma rectangular con una cantidad de agua e inclinado sobre una de las aristas de su base. El objetivo consiste en encontrar tantas propiedades como puedan referidas a los tamaños y a las formas del agua en las caras del prisma en función de la inclinación.
- *Tarea 5: Clasificación de figuras.* Consta de ocho figuras geométricas. El objetivo consiste en hallar las características comunes a una figura modelo.

Los enunciados con sus respectivos gráficos originales pueden consultarse en el Anexo I, del trabajo original de Lee et al. (2003). De acuerdo con los autores de este instrumento, la resolución de estas tareas exige aplicar conocimientos específicos del área de las matemáticas.

Cabe destacar que, en este trabajo, no se incluyó la Tarea 2 (Hexágono Regular) debido a que Lee et al. (2003) reportaron un índice de dificultad muy bajo. En la corrección de la prueba participaron tres profesionales: un matemático, un químico y una pedagoga. La corrección de la prueba consistió en primer lugar, en evaluar la fluidez de cada una de las tareas, descartando aquellas respuestas que no eran válidas. En segundo lugar, se valoró la flexibilidad, asignando cada respuesta a una categoría de las propuestas por los autores; contabilizando el número total de categorías distintas utilizadas en cada tarea.

En este trabajo no fue viable calcular el índice de originalidad propuesto por los autores, el cual se basa en el cómputo de la frecuencia de cada respuesta para el conjunto de la muestra. Debido al tamaño de la muestra, se optó por utilizar el Cociente de Creatividad (CQ) propuesto por Snyder et al. (2004). En este sentido, a la hora de medir la creatividad, los autores se basan en la fluidez de ideas (número de respuestas), pero no todas las respuestas tienen el mismo valor y esto depende del número de categorías en torno a las que se agrupan las respuestas. Es decir, no contabiliza lo mismo 10 respuestas que pertenecen a una sola categoría que aquellas que pertenecen a siete, o una respuesta para cada categoría. Para nuestro estudio, decidimos emplear la fórmula basada en logaritmos propuesta por Snyder et al. (2004): $CQ = \log_2 \{(1+ u_1^*) (1+ u_2) \dots (1+ u_c)\}$ (* u_1 : total de respuestas dadas por el niño en la categoría 1).

Procedimiento

Este estudio se realizó en diferentes etapas que detallamos a continuación. En primer lugar, destacamos el proceso de adaptación de la prueba de Lee et al. (2003) al castellano, debido al esfuerzo que supuso. En este sentido, el procedimiento seguido para la elaboración de este trabajo no se limita a la administración de las distintas pruebas, sino que también abarca los estudios previos en cuanto a la traducción y adaptación del instrumento, así como los criterios para la corrección y puntuación de la prueba.

En el proceso de traducción se realizó en cuatro etapas. Primero, se realizó la traducción del test de Lee et al. (2003) al castellano, por parte de varios miembros del grupo de investigación que contaban con la correspondiente certificación de nivel de inglés avanzado. En segundo lugar, otros miembros del grupo, también competentes en la lengua inglesa, tradujeron al inglés el texto procedente de la primera traducción. En tercer lugar, se hizo una puesta en común, donde se perfilaron algunos términos. Finalmente, una lingüista revisó la gramática, ortografía y cohesión del texto final.

A continuación, se examinó la validez de contenido, a través del juicio de expertos; y posteriormente, se realizó un estudio piloto, en el cual se realizaron dos administraciones en momentos distintos: a) la primera administración, con una muestra de 10 estudiantes de alto rendimiento académico, seleccionados por sus profesores, a quienes se administró la primera versión del test; y b) la segunda administración, con una muestra de 22 estudiantes de habilidades medias, a quienes se administró una segunda versión del test, con un ejemplo para cada tarea (Salazar et al., 2016).

Finalmente, se seleccionaron los estudiantes y los centros educativos, y se contactó con los mismos. Estos asistían a los talleres de enriquecimiento realizados por el Grupo de

Investigación de Altas Habilidades de la Universidad de Murcia, obteniéndose el consentimiento informado de los padres para participar en este estudio. La aplicación del test se llevó a cabo en grupos de 15 alumnos y el tiempo de realización fue aproximadamente de 1 hora.

Análisis de datos

Se procedió a la corrección de la prueba y a la mecanización de las puntuaciones en el programa SPSS (versión 24, IBM 2016). Se utilizaron análisis descriptivos y correlacionales (Rho de Spearman), así como análisis de diferencia de medias, a través de la estadística no paramétrica (prueba U de Mann Whitney y prueba H de Kruskal-Wallis), dada la naturaleza de los datos.

Resultados

Se calcularon los estadísticos descriptivos de las variables medidas en cada tarea del test (Tabla 1). La tarea en la que los estudiantes obtuvieron mayores puntuaciones es la Tarea 1, cuyas puntuaciones medias en compuesto creativo (CQ) superan a las otras tareas, también es la tarea con mayor variabilidad. Sin embargo, la tarea más difícil para los estudiantes fue la Tarea 3, según las puntuaciones medias en CQ y flexibilidad. Se estudió la normalidad de las variables (ver Tabla 1), comprobándose que únicamente la Tarea 1 sigue una distribución normal.

Tabla 1

Estadísticos descriptivos y prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov

	<i>Mda</i>	<i>Mo</i>	Min- Max	<i>M (DT)</i>	Asimetría	Curtosis	<i>KS</i>
T 1 Fluidez	3.50	1.00	0 - 12.00	4.26 (3.37)	0.42	-1.08	1.32
T 2 Fluidez	2.00	2.00	0 - 5.00	1.76 (1.29)	0.28	-0.59	1.22
T 3. Fluidez	0.00	0.00	0 - 3.00	0.65 (0.85)	0.93	-0.48	2.8**
T 4 Fluidez	4.00	2.00	0 - 11.00	4.37 (2.49)	0.74	0.02	1.23
T 1 Flex	2.00	1.00	0 - 5.00	2.37 (1.56)	0.05	-1.19	1.30
T 2 Flex	1.00	1.00	0 - 4.00	1.32 (0.99)	0.57	0.23	1.77**
T 3 Flex	0.00	0.00	0 - 2.00	0.52 (0.67)	0.95	-0.24	2.83**
T 4 Flex	3.00	2.00	0 - 5.00	2.71 (1.05)	-0.09	-0.52	1.72*
T 1 CQ	3.00	1.00	0 - 8.17	3.32 (2.39)	0.21	-1.27	1.0
T 2 CQ	0.00	0.00	0 - 3.00	0.65 (0.83)	1.11	0.42	2.59**
T 3 CQ	0.00	0.00	0 - 4.75	0.25 (0.85)	4.17	18.25	3.95**
T 4 CQ	1.00	1.00	0 - 6.58	1.28 (1.25)	1.46	4.01	1.72*

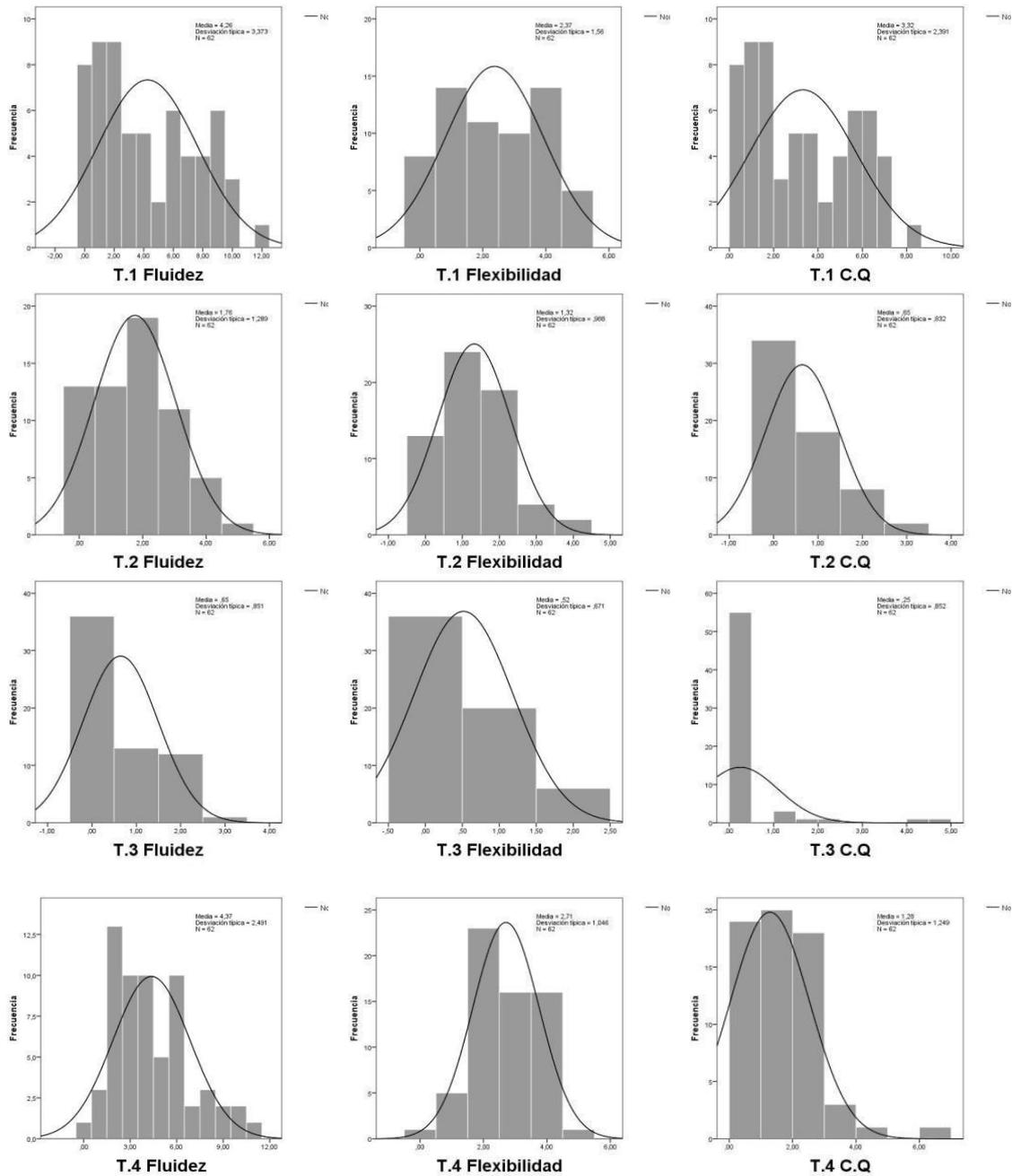
* $p < .05$; ** $p < .01$

Para observar la distribución de los alumnos según el número de respuestas que ofrecen, se obtuvieron los histogramas para cada una de las variables (ver Figura 1). Según mostraron los histogramas, la Tarea 1 (los dieciséis puntos) y la Tarea 4 (clasificación de figuras), fueron las

más fáciles para los alumnos, donde más respuestas válidas se obtuvieron. Hasta 3 alumnos dieron 10 y 8 respuestas válidas para cada tarea respectivamente. Sin embargo, la tarea más difícil fue la Tarea 3 (prisma de agua), en la que únicamente un alumno fue capaz de dar un máximo de tres respuestas válidas.

Figura 1

Gráficos de Histogramas de las variables medidas en el test de creatividad matemática



Para estudiar la consistencia interna de la prueba se realizaron dos tipos de análisis: a) el estudio de las correlaciones entre las tareas, utilizando el coeficiente de correlación de Spearman, debido a que no se cumplió el principio de normalidad (Tabla 2); y el análisis de la estructura interna de la prueba.

Tabla 2

Correlaciones entre variables del test de creatividad matemática

Variables	Variables											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1. T 1 Fluidez	1											
2. T 1 Flex.	.94**	1										
3. T 1 CQ	.99**	.97**	1									
4. T 2 Fluidez	.29*	.29*	.29*	1								
5. T 2 Flex.	.11	.13	.11	.90**	1							
6. T 2 CQ	.09	.13	.10	.70**	.86**	1						
7. T 3 Fluidez	.12	.18	.15	.15	.06	-.023	1					
8. T 3 Flex	.05	.10	.07	.07	.03	-.033	.97**	1				
9. T 3 CQ	.13	.16	.13	.16	.15	.109	.54**	.55**	1			
10. T 4 Fluidez	.15	.10	.15	-.05	-.07	-.059	-.01	-.05	-.17	1		
11. T 4 Flex.	.07	.06	.06	-.05	-.06	-.059	.09	.07	.01	.81**	1	
12. T 4 CQ	.01	.01	.005	.07	.06	.064	.10	.07	-.02	.74**	.83**	1

* $p < .05$ (bilateral); ** $p < .001$ (bilateral)

Las correlaciones intra-tarea, fueron todas estadísticamente significativas. Se observó que las correlaciones inter-tarea (entre variables de distintas tareas) solo fueron estadísticamente significativas entre la fluidez de la Tarea 2 y las variables de la Tarea 1. En relación al estudio de la estructura interna se decidió seguir las indicaciones de López-González et al. (2011) y utilizar el análisis ASCAL, dado que nuestros datos no cumplían el principio de normalidad. Este tipo de análisis calcula la distancia euclídea entre variables y ofrece un gráfico de interpretación sencilla, sobre la agrupación de variables (Figura 2). Se obtuvo un valor de .008 para la medida de *Stress* y el valor de *RSQ* fue elevado de .99 (este valor expresa la correlación múltiple cuadrada que nos da la proporción de varianza explicada por las distancias euclídeas entre los ítems); lo que arrojó un buen ajuste de los datos.

La Figura 2 muestra el mapa de escalamiento multidimensional no métrico en el que queda representada la distancia entre las distintas variables. Se observaron claramente dos dimensiones diferenciadas: la formada por la Tarea 1 y la formada por la Tarea 4. Mientras que la Tarea 2 y Tarea 3 no mostraban tanta distancia entre ellas.

Otra forma de comprobar la consistencia interna del instrumento se basa en el análisis de las puntuaciones en cada tarea de los estudiantes según su nivel total de creatividad (Ayas y Sak,

2014). Siguiendo el trabajo de estos autores y el de Esparza (2016), se dividió la muestra en tres grupos de alumnos: con alta creatividad matemática, que obtuvieron puntuaciones en CQ total por encima del percentil (PC) 75 = 7.20; con poca creatividad matemática, cuyas puntuaciones en CQ total se situaban por debajo del PC 25 = 2.58; y con creatividad matemática media, el resto de compañeros cuyos percentiles oscilaban entre el PC 25 y el PC 76. La Tabla 3 muestra las puntuaciones medias de estos tres grupos de alumnos.

Figura 2

Gráfico de ASCAL Mapa del Escalamiento Multidimensional no métrico en dos dimensiones

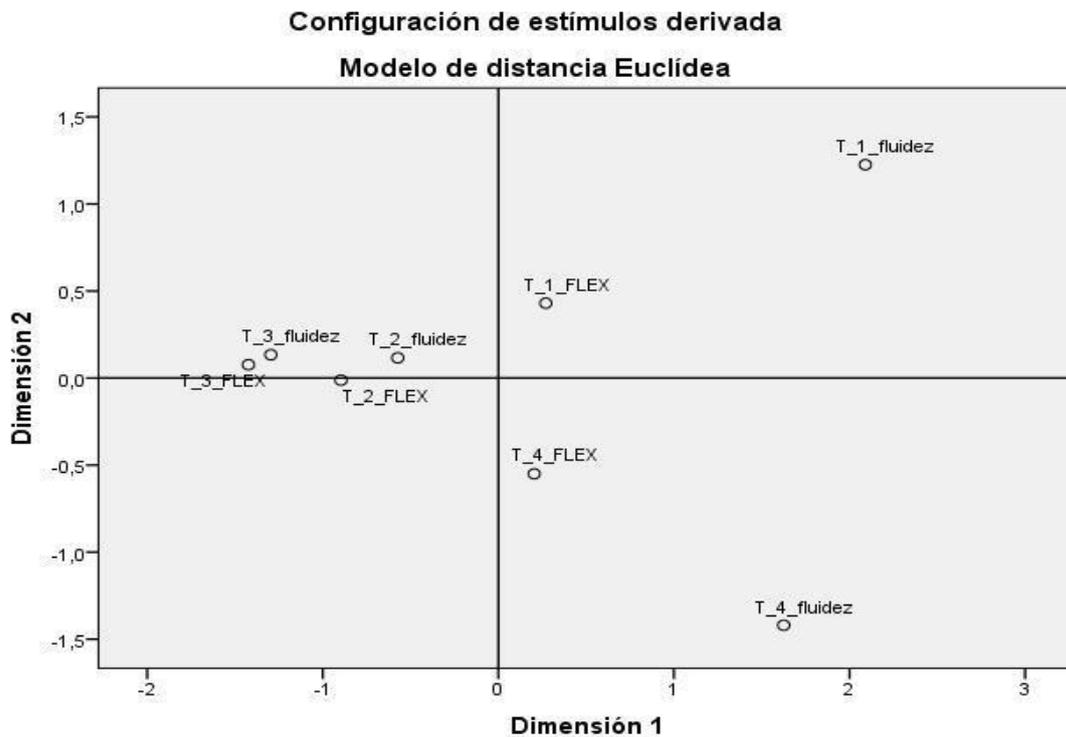


Tabla 3

Estadísticos descriptivos de los grupos de alumnos y comparación de medias (Kruskal-Wallis)

	Creatividad			χ^2	Comparación de grupos	
	Baja (n = 16)	Media (n = 31)	Alta (n = 15)		p KS	Post Hoc
	Rango promedio					
T.1 CQ	12.22	32.03	50.97	35.99	< .001	PC ≠ CM (U = 59.5**) PC ≠ MC (U = 0**) CM ≠ MC (U = 60.50**)
T.2 CQ	20.75	33.18	39.50	11.00	.004	PC ≠ CM (U = 152*) PC ≠ MC (U = 44*)
T.3 CQ	29.81	29.87	36.67	5.37	.068	
T.4 CQ	22.31	31.74	40.80	8.75	.013	PC ≠ MC (U = 51**)

*p < .05; **p < .01

Tras analizar las diferencias entre los grupos, para el CQ de cada una de las tareas, se observó que existían diferencias significativas en todas las tareas excepto en la Tarea 3. En este sentido, al profundizar en estas diferencias cabe destacar que los estudiantes muy creativos destacaron por encima de sus compañeros, especialmente en la primera tarea. En el resto de tareas la diferencia entre los tres grupos no pareció ser tan acusada. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas en todas las tareas menos en la Tarea 3 (prisma de agua). Los análisis post hoc para saber entre qué grupos se daban las diferencias se realizaron utilizando la prueba U de Mann-Whitney para comparar los grupos dos a dos. Encontramos que, para la Tarea 1 (los dieciséis puntos) y la Tarea 2, existían diferencias tanto entre los estudiantes Poco Creativos y Muy Creativos como entre los estudiantes de Creatividad Media y los Muy Creativos. En la Tarea 3 no se encontraron diferencias entre los distintos grupos creativos. Para la Tarea 4 (clasificación de figuras), fueron los alumnos poco creativos los que se diferenciaron de sus compañeros Muy Creativos. Sin embargo, los Muy Creativos y los de Creatividad Media obtuvieron puntuaciones similares.

Discusión y conclusiones

En este trabajo se ha explorado a nivel teórico y empírico el constructo de la creatividad matemática. Recientemente, en el campo de estudio de la creatividad cada vez más se acepta la idea de que esta es específica de dominio (Baer, 1998; Baer, 2015; Gardner, 1983) y es por ello que se torna imprescindible desarrollar medidas específicas que nos ayuden a identificar el potencial creativo matemático.

En nuestro estudio hemos analizado las características de la creatividad matemática, así como la forma de valorar este potencial en alumnos de altas habilidades. Por ello, uno de nuestros principales objetivos fue adaptar una prueba de creatividad matemática (Lee et al., 2003). En este sentido, tal y como recogen Bravo-Vick et al. (2019) es importante analizar las propiedades psicométricas de un instrumento al traducirlo y adaptarlo a un idioma y cultura diferentes a la del instrumento original, ya que la validez de este puede cambiar de un contexto a otro.

De los resultados que se desprenden de este estudio pudimos llegar a las siguientes conclusiones relativas a la prueba. Uno de los resultados que más llamaron la atención es que los datos de los histogramas no seguían la distribución normal, y se distribuyeron estos hacia la izquierda, lo que se tradujo en un nivel de dificultad alto de los ítems. Esto pudo deberse a que el test de Lee et al. (2003) es una prueba con un nivel de exigencia alto, diseñada para discriminar

la habilidad creativa matemática y, por ende, el talento matemático. En este sentido, debido a la heterogeneidad de la muestra de nuestro estudio, ya que estuvo conformada por diferentes tipos de talentos simples o complejos no necesariamente matemáticos, es posible que muchos de los sujetos no fueran capaces de realizar la prueba con éxito. Este dato apuntaría a que la prueba realmente discrimina el potencial creativo matemático. Asimismo, cabe señalar que la excelencia matemática no se distribuye de forma normal en la población, sino que sólo un reducido porcentaje de la población presenta este tipo de alta habilidad (Sriraman, 2005; Usiskin, 2000).

También, cabe destacar que tanto la Tarea 1 como la Tarea 4 fueron aquellas en las que los estudiantes ofrecieron mayor número de respuestas, quizá porque son tareas relacionadas, en mayor medida, con los contenidos impartidos dentro del ámbito educativo en matemáticas. Como dato más llamativo, encontramos que la Tarea 3 es en la que menos respuestas se encontraron, lo que evidenció a la dificultad de la tarea. Este dato apuntaba en la misma dirección a los obtenidos por Lee et al. (2003), quienes valoraron la Tarea 3 como la más difícil. Por último, destacamos que en el estudio de Lee et al. (2003) los estudiantes ofrecieron, de forma general, mayor número de respuestas que los estudiantes de este estudio.

Cabe resaltar que en nuestro estudio los factores se agruparon por tareas. Ya Baer (1998; 2015) apuntaba a la especificidad de la creatividad no solo por dominios sino por tareas. De hecho, en investigaciones llevadas a cabo por el Grupo de Investigación de Altas Habilidades de la Universidad de Murcia, la estructura factorial de distintos test de creatividad se agrupaban por tareas y no por dimensiones. Este es el caso del TTCT (Ferrando et al., 2007), las pruebas de Creatividad de la Batería Aurora (Soto, 2012), el Test de Pensamiento Científico-Creativo para la medida de la creatividad científica (Ruiz et al., 2013) y la creatividad musical (Valverde, 2015).

Según estos datos, las tareas más apropiadas para medir la creatividad matemática fueron la Tarea 1 y la Tarea 4. Es posible que tanto la Tarea 2 como la Tarea 3 hayan resultado demasiado exigentes para el nivel de nuestros alumnos, bien porque no utilizaron un pensamiento creativo en la resolución del mismo o por la tendencia de los alumnos a la reproducción del ejemplo, aplicando repetitivamente algoritmos. Tan solo un alumno fue capaz de dar tres respuestas válidas en la Tarea 3. Esto pudo deberse a que la instrucción y los materiales empleados en la didáctica de las matemáticas fomentan el tipo de tareas que únicamente tienen una respuesta válida y para las que simplemente es necesario aplicar un algoritmo o sucesión de algoritmos para hallar la respuesta, no contemplando el pensamiento creativo y en las tareas que puedan presentar más de una respuesta válida.

Tras analizar las investigaciones en otros países en los que se ha aplicado este test u otros similares, se percibió cierta desventaja por parte de nuestros alumnos. Cabe señalar que los participantes del estudio de Lee et al. (2003) estaban escolarizados en un centro específico para estudiantes superdotados. En este sentido, tal y como apuntaron diversos autores (Sak y Maker, 2006; Seckel et al., 2019; Tan y Sriraman, 2017), el conocimiento matemático tiene gran relevancia en la manifestación de esta creatividad de dominio específico. Además, la literatura científica apunta que es posible desarrollar la creatividad (Leikin, 2009; Seckel et al., 2019; Sriraman, 2005). Por ello, podemos afirmar que cobra una especial relevancia la metodología de enseñanza de los contenidos matemáticos en las aulas, ya que puede influir en la resolución de problemas matemático-creativos.

En el ámbito educativo, cabe destacar que se sigue prefiriendo una metodología tradicional en la solución de problemas matemáticos, que en su mayoría presentan una única respuesta correcta. Lo cual no quiere decir que el uso de tareas de respuesta única no sea adecuado, sino que debería complementarse con tareas de respuesta múltiple, que promuevan el pensamiento divergente, de acuerdo con Lee et al. (2003) y con Seckel et al. (2019). En este sentido convergen las aportaciones de diversos autores pues el énfasis también debe estar además de en la identificación, en el diseño y desarrollo de prácticas educativas (Mann, 2005; Usiskin, 2000) ya que como apuntó Sternberg (1996), el pensamiento creativo matemático es necesario en el campo de las matemáticas. No obstante, es necesario seguir investigando para estudiar la relación entre el conocimiento sobre contenidos matemáticos, habilidades para inventar y resolver problemas, y la creatividad.

La principal limitación de este estudio fue el tamaño de la muestra, debido a que este perfil de estudiantes representa un bajo porcentaje de la población. Además, en futuras investigaciones, sería importante vincular la estimulación de la creatividad en matemáticas con el conocimiento matemático de los alumnos, en la línea del trabajo de Seo y Hwang (2004) o el realizado por Sak y Maker (2006). Asimismo, convendría profundizar en las propiedades psicométricas del instrumento, así como en la estructura interna de la prueba, en la línea de estudios más actuales (Bravo-Vick et al., 2019; Hwang et al., 2017; Schovers et al., 2020). También sería interesante ampliar el instrumento con varias tareas que impliquen el planteamiento o invención de problemas, debido a que la literatura respalda su uso con el fin de identificar el potencial creativo matemático (Haylock, 1984; Silver, 1997; Stoyanova, 1997; Yuan y Sriraman, 2011). A pesar de estos aspectos de mejora, nos gustaría resaltar el valor del presente trabajo, pues se trata de la primera adaptación de la prueba a contexto español, por lo tanto, se podría considerar un trabajo pionero en este contexto.

Referencias

- AYAS, M. Bahadir; & SAK, Ugur. (2014). Objective measure of scientific creativity: Psychometric validity of the Creative Scientific Ability Test. *Thinking Skills and Creativity*, 13, 195-205. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2014.06.001>
- BAER, John (1998). The case for domain specificity of creativity. *Creativity Research Journal*, 11(2), 173-177. https://doi.org/10.1207/s15326934crj1102_7
- BAER, John (2015). The Importance of Domain-Specific Expertise in Creativity. *Roeper Review*, 37(3), 165-178. <https://doi.org/10.1080/02783193.2015.1047480>
- BALKA, Don Stephen (1974). *The development of an instrument to measure creative ability in mathematics* (Publication No. 7515965) [Doctoral dissertation, University of Missouri]. ProQuest: <https://www.proquest.com/openview/801a9fb46281ef1927e08d047c1cd2d8/1>
- BEATY, Roger E.; & SILVIA, Paul J. (2012). Why Do Ideas Get More Creative Across Time? An Executive Interpretation of the Serial Order Effect in Divergent Thinking Tasks. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 6(4), 309–319 <https://doi.org/10.1037/a0029171>
- BERMEJO, Rosario; RUIZ, María José; FERRÁNDIZ, Carmen; SOTO, Gloria; SAINZ, Marta (2014). Pensamiento científico-creativo y rendimiento académico. *Revista de estudios e investigación en psicología y educación*, 1(1), 64-72. <https://doi.org/10.17979/reipe.2014.1.1.24>
- BRAVO-VICK, Milagros; PADRÓ-COLLAZO, Pascua; BORRERO, Michelle (2019). Mathematics and science attitude inventory: validation for use in a Spanish-speaking context. *Revista de estudios e investigación en psicología y educación*, 6(2),167-178. <https://doi.org/10.17979/reipe.2019.6.2.5687>
- CASTELLÓ, Antoni y BATLLE, Concepció (1998). Aspectos teóricos e instrumentales en la identificación del alumnado superdotado y talentoso. Propuesta de un protocolo. *FAISCA*, 6, 26-66. <https://revistas.ucm.es/index.php/FAIS/article/view/FAIS9898110026A>
- CRAFT, Anna (2002). *Creativity and Early Years Education: A Lifewide Foundation*. Continuum.
- DE VINK, Isabelle C; WILLEMSSEN, Robin H; LAZONDER, Ard. W.; & KROESBERGEN, Evelyn H. (2021). Creativity in mathematics performance: The role of divergent and convergent thinking. *British Journal of Educational Psychology*, 1-18. <https://doi.org/10.1111/bjep.12459>
- ESPARZA, Fernando Javier (2016). *Propuesta de un programa para favorecer el pensamiento científico* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Murcia]. Repositorio Institucional de la Universidad de Murcia <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/29897>

- FERRANDO, Mercedes; FERRÁNDIZ, Carmen; BERMEJO, Rosario; SÁNCHEZ, Cristina; PARRA, Joaquín y PRIETO, María Dolores (2007). Estructura interna y baremación del Test de Pensamiento Creativo de Torrance. *Psicothema*, 19(3), 489–496. <https://www.psicothema.com/pii?pii=3390>
- GARDNER, Howard (1983). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. Basic Books.
- GUILFORD, Joy Paul (1959). Traits of creativity. In Harold H. Anderson (Ed.), *Creativity and its Cultivation* (pp. 167-188). Harper.
- HAYLOCK, Derek William (1984). *Aspects of mathematical creativity in children aged 11-12* [Doctoral dissertation, University of London]. King's College London Research Portal. [https://kclpure.kcl.ac.uk/portal/en/theses/aspects-of-mathematical-creativity-in-children-aged-11--12\(ae59b6a1-8c6a-408c-932f-d7909b5d465f\).html](https://kclpure.kcl.ac.uk/portal/en/theses/aspects-of-mathematical-creativity-in-children-aged-11--12(ae59b6a1-8c6a-408c-932f-d7909b5d465f).html)
- HU, Weiping; & ADEY, Philip (2002). Scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403. <https://doi.org/10.1080/09500690110098912>
- HWANG, Po-Sheng; PENG, Shu-Ling; CHEN, Hsueh-Chih; TSENG, Li-Cheng; & HSU, Li-Ching (2017). The relative influences of domain knowledge and domain-general divergent thinking on scientific creativity and mathematical creativity. *Thinking Skills and Creativity*, 25, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.06.001>
- IBM Corp. (2016). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- KATTOU, Maria; KONTOYIANNI, Katerina; PITTA-PANTAZI, Demetra; & CHRISTOU, Constantinos (2013). Connecting mathematical creativity to mathematical ability. *ZDM Mathematics Education*, 45, 167–181. <https://doi.org/10.1007/s11858-012-0467-1>
- KRUTETSKII, Vadim Andreyevich (1976). *The psychology of Mathematical Abilities in Schoolchildren*. University of Chicago Press.
- LEE, Kang-Sup; HWANG, Dongjou; & SEO, Jong-Jin (2003). A Development of the Test for Mathematical Creative Problem Solving Ability. *Research in Mathematical Education*, 7(3), 163-189. <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200311921974337.page>
- LEIKIN, Roza (2009). Exploring mathematical creativity using multiple solution tasks. In R. Leikin, A. Berman; & B. Koichu (Eds.), *Creativity in mathematics and the education of gifted students* (pp. 129-145). Sense Publisher.
- LOE, Ley Orgánica de 2/2006, de 3 de mayo, de la Educación. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 106, de 4 de mayo de 2006, pp. 1 a 112. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2>

- LOMCE, Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, de Mejora de la Calidad Educativa. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 295, de 10 de diciembre de 2013. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2013/12/09/8>
- LOMLOE, Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 340, de 30 de diciembre de 2020. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- LÓPEZ-GONZÁLEZ, Emelina; PÉREZ-CARBONELL, Amparo y RAMOS-SANTANA, Genoveva (2011). Modelos complementarios al Análisis Factorial en la construcción de escalas ordinales: un ejemplo aplicado a la medida del Clima Social Aula. *Revista de Educación*, 354, 369-397. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2011-354-004>
- LUCAS, Bill; CLAXTON, Guy; & SPENCER, Ellen (2013). Progression in Student Creativity in School: First steps towards new forms of formative assessments. *OECD education Working Papers*, 2, 81-121. <https://doi.org/10.1787/5k4dp59msdwk-en>
- MANN, Eric Louis (2005). *Mathematical creativity and school mathematics: Indicators of mathematical creativity in middle school students* (Publication No. 3205573) [Doctoral dissertation, University of Connecticut]. ProQuest: <https://www.proquest.com/openview/b15acb3042c52bc857983c90e4817e1d/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- MOHAMED, Ahmed (2006). *Investigating the scientific creativity of fifth-grade students* [Doctoral dissertation, University of Arizona]. UA Campus Repository. <https://repository.arizona.edu/handle/10150/194100>
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el cual se establece el currículo básico de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 52, de 1 de marzo de 2014, pp. 1-58. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/02/28/126>
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el cual se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato. *Boletín Oficial del Estado*, núm. 3, de 3 de enero de 2014, pp. 1-35. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2014/12/26/1105/con>
- RUIZ, María José; BERMEJO, Rosario; PRIETO, María Dolores; FERRÁNDIZ, Carmen y ALMEIDA, Lenandro S. (2013). Evaluación del Pensamiento Científico-Creativo: Adaptación y validación de una prueba en población española. *Revista Galego-Portuguesa de Psicoloxía e Educación*, 21(1), 175-194. <http://hdl.handle.net/2183/12613>
- SAK, Ugur; & AYAS, M. Bahadir (2013). Creative Scientific Ability Test (C-SAT): A new measure of scientific creativity. *Psychological Test and Assessment Modelling*, 55(3), 316-329. ProQuest: <https://www.proquest.com/docview/1468914888?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>

- SAK, Ugur; & MAKER, June (2006). Developmental variation in children's creative mathematical thinking as a function of schooling, age and knowledge. *Creativity research journal*, 18(3), 279-291. https://doi.org/10.1207/s15326934crj1803_5
- SALAZAR, María; ZAPATERA, Alberto; BERMEJO, Rosario; y FERRANDO, Mercedes (febrero, 2016). *Estudio de un test para evaluar el talento matemático-creativo*. [Comunicación]. I Congreso Internacional: Nuevas Perspectivas en el estudio de la Superdotación y el Talento, Murcia-España.
- SCHOVERS, Eveline; KROESBERGEN, Evelyn; & KATTOU, Maria (2020). Mathematical Creativity: A Combination of Domain-general Creative and Domain-specific Mathematical Skills. *Journal of Creative Behaviour*, 54, 242-252. <https://doi.org/10.1002/jocb.361>
- SECKEL, María José; BRENDA, Adriana; SÁNCHEZ, Alicia y FONT, Vicenç (2019). Criterios asumidos por profesores cuando argumentan sobre la creatividad matemática. *Educação e Pesquisa*, 45, 1-18. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634201945211926>
- SEO, Jong Jin; & HWANG, Dong-Jou (2004). Difference between Gifted and regular Students in Mathematical Creativity and Mathematical Self-Efficacy. *Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series D: Reseach in Mathematical Education*, 8(3), 183-202. <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200411922954310.page>
- SEQUERA, Elba Cristina (2007). *Creatividad y desarrollo profesional docente en matemáticas para la educación primaria* [Tesis doctoral, Universidad de Barcelona]. Dipòsit Digital de la Universitat de Barcelona. <http://hdl.handle.net/2445/41432>
- SILVER, Edward A. (1997). Fostering creativity through instruction rich in mathematical problem solving and problem posing. *ZDM*, 3, 75-80. <https://doi.org/10.1007/s11858-997-0003-x>
- SNYDER, Allan; MITCHELL, John; BOSSOMAIER, Terry; & PALLIER, Gerry. (2004). The creativity quotient: an objective scoring of ideational fluency. *Creativity Research Journal*, 16(4), 415-419. <https://doi.org/10.1080/10400410409534552>
- SOTO, Gloria (2012). *Diferentes Perspectivas de Evaluar El Pensamiento Creativo* [Tesis Doctoral, Universidad de Murcia]. Repositorio Institucional de la Universidad de Murcia. <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/29897>
- SRIRAMAN, Bharath (2004). The characteristics of mathematical creativity. *The Mathematics Educator*, 14(1), 19-34. <https://doi.org/10.1007/s11858-008-0114-z>
- SRIRAMAN, Bharath (2005). Are giftedness and creativity synonyms in mathematics? *Journal of Secondary Gifted Education* 17(1), 20-36. <https://doi.org/10.4219/jsge-2005-389>
- SRIRAMAN, Bharath (2008). Are mathematical giftedness and mathematical creativity synonyms? A theoretical analysis of constructs. En B. Sriraman (Ed.), *Creativity*,

- Giftedness, and Talent Development in Mathematics* (pp. 85-112). The Montana Mathematics Enthusiast.
- STERNBERG, Robert J. (1996). What is mathematical thinking? In R. J. Sternberg; & T. Ben-Zeev (Eds.), *The nature of mathematical thinking* (pp. 303-318). Lawrence Erlbaum Associates.
- STOYANOVA, Elena (1997). *Extending and exploring students' problem solving via problem posing* [Doctoral dissertation, Edith Cowan University]. Research Online Institutional Repository. <https://ro.ecu.edu.au/theses/885>
- TAN, Ai-Girl; & SRIRAMAN, Barath (2017). Convergence in creativity development for mathematical capacity. In R. Leikin; & B. Sriraman (Eds.), *Creativity and Giftedness* (pp. 117–133). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38840-3_8
- TORRANCE, Paul (1966). *Torrance Tests of Creative Thinking*. Personnel Press.
- USISKIN, Zalman (2000). The development into the mathematically talented. *Journal of Secondary Gifted Education*, 11, 152–162. <https://doi.org/10.4219/jsge-2000-623>
- VALVERDE, Francisco Javier (2015). *Creatividad y Aptitudes en alumnos de Educación Secundaria en los dominios figurativo y musical* [Tesis Doctoral, Universidad de Murcia]. Repositorio Institucional de la Universidad de Murcia. <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/46799>
- YUAN, Xianwei; & SRIRAMAN, Bharath (2011). An exploratory study of relationships between students' creativity and mathematical problem-posing abilities. In B. Sriraman; & K. H. Lee (Eds.), *The elements of creativity and giftedness in mathematics* (pp. 5-28). Sense Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-6091-439-3>

Fecha de recepción: 9 de diciembre de 2021.

Fecha de revisión: 6 de abril de 2022.

Fecha de aceptación: 8 de abril de 2022.

Fecha de publicación: 1 de julio de 2022.