Desarrollo de una prueba para identificar habilidad creativa en matemáticas

Alberto Zapatera Llinares. Universidad Cardenal Herrera CEU

Recepción: 17.09.2019 | Aceptado: 30.10.2019

Correspondencia a través de **ORCID**: Alberto Zapatera Llinares 0000-0002-7531-8609

Citar: Zapatera, A. (2019). Desarrollo de una prueba para identificar habilidad creativa en matemáticas. *REIDOCREA, 8*, 267-281.

Resumen: El objetivo de este estudio es comprobar la calidad de una adaptación de la prueba de Lee, Hwang y Seo (2003) para medir la habilidad creativa en la resolución de problemas matemáticos presentada en el I Congreso Internacional: Nuevas perspectivas en el estudio de la superdotación y el talento. La prueba se ha aplicado a ocho estudiantes de alto rendimiento en matemáticas de ESO y se ha centrado en: la fluidez, que se ha medido con el número de respuestas, la flexibilidad, que se ha medido con el número de tipos diferentes de respuestas y la originalidad, que considera la singularidad de las respuestas. Para ello, y tras estudiar y baremar las respuestas de los alumnos, se han analizado su fiabilidad y consistencia interna y sus índices de dificultad, discriminación y homogeneidad. Los resultados han sido satisfactorios y animan a continuar con el análisis de la prueba ampliando la muestra.

Palabras clave: Creatividad | Matemáticas

Development of a test to identify the creative ability in mathematics

Abstract: The aim of this study is to verify the quality of an adaptation of the test of Lee, Hwang & Seo (2003) to measure the creative ability in solving mathematical problems presented in the I International Congress: New perspectives in the study of the giftedness and the talent. The test has been applied to eigth secondary students of high performance in mathematics and has focused on: fluency, which has been measured with the number of answers, flexibility, which has been measured with the number of different types of answers and originality, which considers the uniqueness of the answers. For this, and after studying and evaluating the students' answers, their reliability and internal consistency and their difficulty, discrimination and homogeneity indexes have been analyzed. The results have been satisfactory and encourage continued analysis of the test by expanding the participants.

Keywords: Creativity | Mathematics

Introducción

La creatividad es uno de los procesos cognitivos más complejos del ser humano en el que participan una gran variedad de experiencias evolutivas, sociales y educativas y que se manifiesta en muchos campos distintos.

En las definiciones de creatividad se repiten dos constantes: novedad y valor. De esta forma, para Rodríguez (1999) la creatividad es *"la capacidad de producir cosas nuevas y valiosas"*, para Barron (1969) es la *"habilidad del ser humano de traer algo nuevo a su existencia.*

De la Torre (2006, p. 12) afirma que "*el siglo XXI será el siglo de la creatividad […] por la exigencia de encontrar ideas y soluciones nuevas a los problemas que se plantean en una sociedad de cambios acelerados"*. Desde esta perspectiva, la educación se encuentra frente a un gran reto: crear nuevos modelos que integren y fomenten la creatividad, porque "*formar en creatividad es apostar por un futuro de progreso"* (de la Torre, 2006, p. 137).

Como consecuencia de este reto, muchos sistemas educativos incluyen en sus currículos el desarrollo y el fomento de la creatividad. Así por ejemplo, la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE, 2013) establece en su preámbulo que *"es necesario adquirir desde edades tempranas competencias transversales, como el pensamiento crítico, la gestión de la diversidad, la creatividad o la capacidad de comunicar"* (LOMCE, 2013, p5) y entre sus objetivos aparecen *"desarrollar hábitos de trabajo […], así como actitudes […] de creatividad en el aprendizaje"* o *"afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad…"* (LOMCE, 2013, p. 15).

Sin embargo, a pesar de ello, los sistemas educativos con frecuencia atentan contra la creatividad y reprimen la imaginación de los estudiantes. Robinson (2012, p. 35) afirma que todos los niños cuentan con una gran capacidad creativa innata pero *"las formas de educación dominantes reprimen activamente las condiciones que son esenciales para el desarrollo creativo*".

Aunque "*comúnmente, la gente piensa que creatividad y matemáticas no tienen nada que hacer una con otra"* (Pehkonen, 1997, p. 63), las matemáticas son, junto a las artes plásticas, una de las materias del currículo con más posibilidades para desarrollar y fomentar la creatividad. Ya en la década de los 50 se inició un gran interés por la creatividad en las matemáticas y, por ejemplo, Puig Adam (1955) consideraba que las matemáticas constituían un terreno adecuado para el desarrollo de la inteligencia y la creatividad del niño y proponía una enseñanza creativa en la que el estudiante construya y descubra el conocimiento a través de una búsqueda de lo "nuevo".

En esta línea, la resolución de problemas se considera, desde la década de los 80, como el eje de la enseñanza de las matemáticas (NCTM, 1980) y "*una de las razones que se esgrime para justificar que la resolución de problemas sea un objetivo indeclinable de la enseñanza de las matemáticas es que fomenta la creatividad*" (Callejo, 2003, p. 27). Por su parte, Mackinnon (1977, citado en Marín Ibañez, 1995, p. 37) afirma que la "*esencia de la creatividad es la solución de un problema de manera original, en otras palabras, es la solución creativa de problemas"* y García (1998) y Garret (1988) completan esta idea al considerar que la creatividad es una forma de resolución de problemas y la resolución de problemas es una forma de desarrollar la creatividad.

Los problemas, por la naturaleza de su enunciado y por las estrategias de resolución, pueden ser cerrados o abiertos. Con frecuencia los estudiantes fracasan en la resolución de problemas cerrados porque se basan en la aplicación de mecanismos y respuestas prefabricadas, les producen bloqueos e inhiben su creatividad. Sin embargo, la resolución de problemas abiertos representa un desafío para el estudiante que, de entrada, no queda bloqueado y su resolución le supone un determinado placer (Falcón y Montenegro, 2014).

Identificar la habilidad creativa en la resolución de problemas matemáticos es un reto interesante de investigación. Un punto de partida en esta tarea son las ideas Guilford (1950), citado por Goñi (2000, p. 104), que considera que "*los individuos muy creativos pueden generar ide*as a un ritmo rápido (fluidez), romper lo establecido a fin de atacar los problemas desde una perspectiva nueva (flexibilidad) y generar ideas nuevas y genuinamente diferentes (originalidad)" y de Torrance (1962) para el que la resolución de problemas requiere fluidez para generar ideas, flexibilidad para definir y cambiar enfoques y originalidad para percibir soluciones de manera diferente.

Objetivos o hipótesis

El objetivo de este estudio es comprobar la adaptación de la prueba de habilidad creativa en la resolución de problemas de matemáticas de Lee, Hwang y Seo (2003) presentada en el I Congreso Internacional "Nuevas perspectivas en el estudio de la superdotación y el talento" de la Universidad de Murcia, en estudiantes de alto rendimiento de matemáticas.

Métodos

Para ello se han analizado las respuestas de ocho estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria con alto rendimiento en matemáticas a cuatro problemas abiertos en función de los tres componentes de la creatividad: la fluidez que se ha medido con el número de respuestas, la flexibilidad que se ha medido con el número de tipos diferentes de respuestas y la originalidad que ha considerado la singularidad de las respuestas.

En el I Congreso Internacional "Nuevas perspectivas en el estudio de la superdotación y el talento" en la Universidad de Murcia se presentó una comunicación titulada "Cómo evaluar el talento matemático: un estudio piloto en estudiantes de Educación Secundaria" (Salazar, Zapatera, Ferrando, Bermejo, 2016). La comunicación mostraba una investigación para adaptar la prueba de habilidad creativa en la resolución de problemas de matemáticas de Lee, Hwang y Seo (2003). Dicha investigación constaba de varias fases: (1) análisis de varias pruebas específicas sobre creatividad matemática, considerando el de Lee, Hwang y Seo (2003) la más adecuada, (2) adaptación de la prueba a los estudiantes españoles adecuando la redacción de los ítems, ajustando el baremo y redactando las instrucciones, (3) envió de la prueba a varios expertos de diferentes universidades españolas que revisaron nuevamente la prueba y proponiendo varias modificaciones, (4) administración de la prueba piloto a 10 estudiantes realizando nuevos ajustes como la eliminación de un ítem y la inclusión de un ejemplo en cada uno de los otros cuatro, (5) administración de la nueva prueba a otros 22 estudiantes y (6) estudio de los resultados, sin incluir el componente de la originalidad, mediante análisis descriptivo (media y desviación típica) y análisis de diferencia de medias (prueba t de Student)

Este artículo es la continuación del trabajo presentado en dicha comunicación en el que se han realizado algunas modificaciones.

Participantes

En la experiencia han participado ocho estudiantes, dos de cada uno de los cuatro cursos de Educación Secundaria Obligatoria de un colegio de la provincia de Alicante. Los alumnos habían sido nominados por sus profesores por su alto rendimiento matemático.

Instrumento

En esta prueba, para estimular la creatividad, se han adaptado cuatro juegos de Lee, Hwang y Seo (2003); son juegos abiertos con múltiples soluciones, que pueden resolverse de distintas formas y estrategias y que representan un reto para los estudiantes.

Juego 1

En el juego 1 los estudiantes deben dibujar en cuadrados formados por 16 puntos separados 1 cm figuras que tengan 2 cm2 de área (Figura 1). Este juego es una versión del "problema de los 9 puntos" de Haylock (1984).

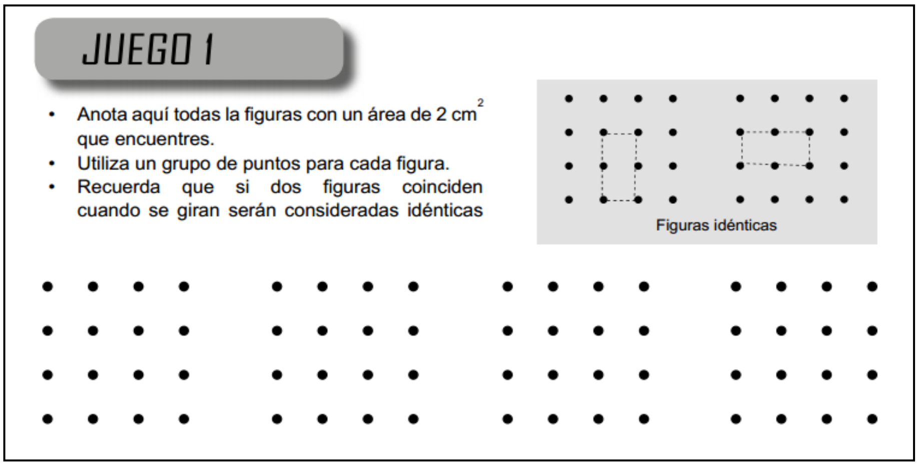


Figura 1. Enunciado del juego 1

Juego 2

En el juego 2 los estudiantes deben proponer distintas formas para expresar el el grado de dispersión de las canicas lanzadas por 3 niños (Figura 2). Este juego es una adaptación del problema de las canicas de Becker & Shimada (1997).

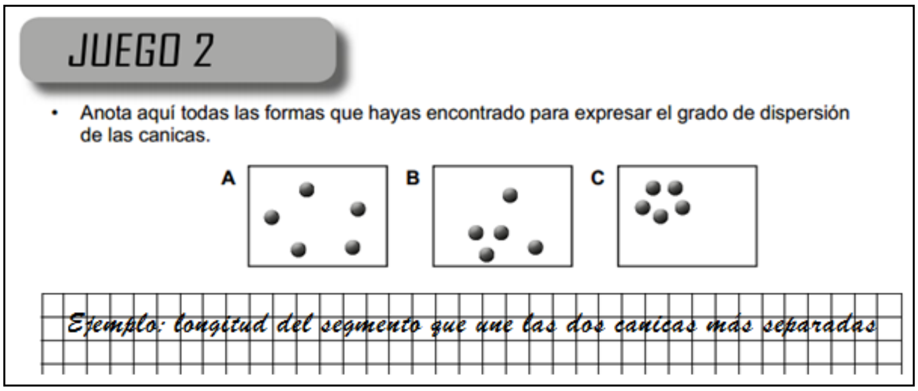
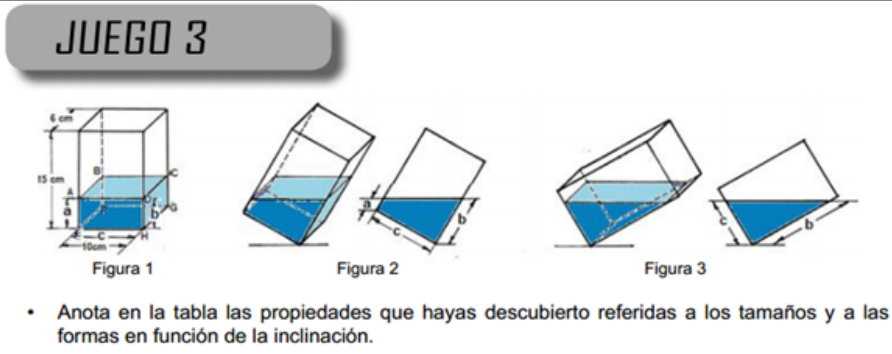


Figura 2. Enunciado del juego 2

Juego 3

En el juego 3 se va inclinando un prisma rectangular transparente que contiene agua y los estudiantes deben escribir todas las propiedades que descubran referidas a los tamaños y formas (Figura 3). Este juego es una versión de “problema del frasco de agua” de Becker y Shimada (1997).

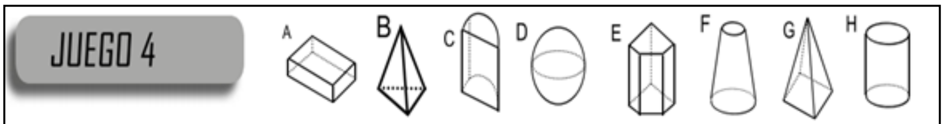


Ejemplo	a + b = cte.
1	
2	

Figura 3. Enunciado del juego 3

Juego 4

En el juego 4 se muestran 8 figuras geométricas diferentes y los estudiantes deben hallar las características comunes a la figura B. El juego es una adaptación del “problema de las figuras sólidas” de Becker y Shimada (1997).



	Características comunes a la Figura B	A	B	C	D	E	F	G	H
Ejemplo	Todas las caras son planas	x	X			x		x	
1			X						
2			X						

Figura 4. Enunciado del juego 4

Procedimiento y análisis de datos

En los cuatro juegos se evaluaron los tres factores de la habilidad creativa en la resolución de problemas de matemáticas: fluidez, flexibilidad y originalidad. En la fluidez se asignó un punto por cada respuesta válida emitida por los estudiantes. Para evaluar la flexibilidad se clasificaron las posibles respuestas en siete grupos y se otorgó un punto por cada uno de los grupos con alguna respuesta. En la originalidad, debido al tamaño tan reducido de la muestra, se asignó un punto a cada respuesta única, es decir que solo la había aportado un estudiante.

Resultados

El análisis de los resultados obtenidos en la prueba de diagnóstico de la habilidad creativa en la resolución de problemas de matemáticas se muestran en dos apartados diferentes: en el primer apartado se analizan y comentan cada uno de los juegos a partir de las respuestas de los 8 estudiantes, evaluando las respuestas obtenidas en cada uno de los aspectos de fluidez, flexibilidad y originalidad, y en el segundo apartado se analiza la calidad de la prueba referida a la fiabilidad y consistencia interna, a la dificultad, a la discriminación y a la homogeneidad.

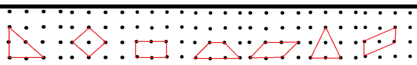
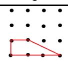
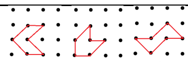
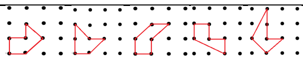
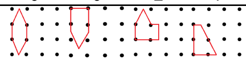
Análisis de los juegos

En las tablas 1, 2, 3 y 4 se recogen las respuestas de los estudiantes a cada uno de los cuatro juegos y en la parte inferior se especifican las puntuaciones de cada uno de ellos en los tres aspectos de la creatividad en la resolución de problemas y se muestran algunos parámetros estadísticos. Los asteriscos en el número de respuestas indican las respuestas únicas que se han tenido en cuenta en el apartado de originalidad

Resultados del juego 1

El grupo con más respuestas ha sido el de polígonos convexos simétricos, con 26; los grupos de los polígonos cóncavos asimétricos y simétricos han obtenido 10 y 6 respuestas respectivamente y el grupo en el que se han utilizado mitades ha obtenido 6 respuestas (Tabla I).

Tabla I. Resultados de los estudiantes en el Juego 1

	Grupos de respuestas		Respuestas estudiantes	Estudiantes E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Total
1	Polígono convexo	Con simetría	 6 6 4 3 3 2 2	3	4	3	2	1	6	2	5	26
2	Polígono convexo	Asimétrico	 1						1*			1
3	Polígono cóncavo	Con simetría	 3 3 1	1	3		1			1	1	7
4	Polígono cóncavo	Asimétrico	 3 3 2 1 1		2		4**		2		2	10
5	Con mitades		 3 1 1 1	1						3**	2*	6
6	Con curvas											
7	Otros											
			Fluidez	5	9	3	7	1	9	6	10	50
			Flexibilidad	3	3	1	3	1	3	3	4	21
			Originalidad	0	0	0	2	0	1	2	1	6
			Total	8	12	4	12	2	13	11	15	77

Media [μ)] = 9,63
Desviación [σ] = 4,57
Cola superior [>(μ+σ)] =>14,19
Cola inferior [<μ-σ)] = < 5,06

Ningún estudiante ha usado curvas en sus respuestas como las que se muestran en la figura 5.

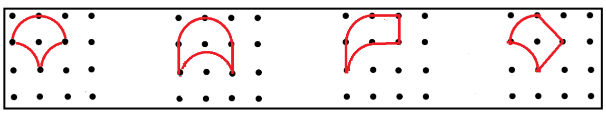


Figura 5. Figuras con curvas

Algunos estudiantes no han tenido en cuenta la limitación del enunciado y han dibujado figuras que coinciden entre sí mediante un giro o traslación (Figura 6)

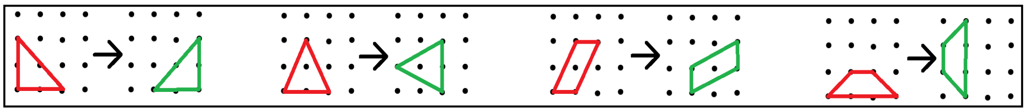


Figura 6. Pares de polígonos coincidentes mediante un giro

Aunque todos los estudiantes han sido capaces de dibujar al menos una figura, se ha obtenido un amplio espectro de respuestas y de grupos de respuestas utilizados: desde el estudiante 5, que solo ha dibujado una figuray solo ha utilizado un grupo de respuestas, hasta el estudiante 8 que ha dibujadodiez figuras y ha utilizado cuatro grupos distintos.

En relación a la originalidad, dos estudiantes han dibujado cada uno de ellos dos polígonos únicos y otros dos han dibujado un polígono único cada uno.

Cinco estudiantes han conseguido una puntuación superior a la media (9’63 puntos); y el estudiante 8, con 15 puntos, está situado en la “cola superior” al superar la suma de la media más la desviación estándar (9’62 + 4’57 = 14’19). Los estudiantes 3 y 5, con 4 y 2 puntos se han situado en la cola inferior (9’62 - 4’57 = 5’06).

Resultados del juego 2

En el juego 2 los estudiantes solo han dado respuestas a dos de los grupos inicialmente previstos: el grupo 1 que se basa en el pentágono que se forma al unir las cinco canicas y el grupo 4 que se basa en dibujar círculos que incluyan a las cinco canicas (Tabla II).

Tabla II. Resultados de los estudiantes en el Juego 2

Grupos de respuestas	Respuestas estudiantes (veces que aparece la respuesta)	Estudiantes E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Total
1 Pentágono	Calculando el perímetro (5) Calculando el área (5) Hallando la longitud de los lados (2)	1	2	2	2		2	2	1	12
2 Diagonales										
3 Punto interior										
4 Círculos	Hallando el radio del círculo (1) Dibujando varias circunferencias concéntricas (1)						1*		1*	2
5 Cuadrados										
6 Contar puntos										
7 Otros										
	Fluidez	1	2	2	2	0	3	2	2	14
	Flexibilidad	1	1	1	1	0	2	1	2	9
	Originalidad	0	0	0	0	0	1	0	1	2
	Total	2	3	3	3	0	6	3	5	25

Media [μ)] = 3,13
Desviación [σ] = 1,81
Cola superior [>(μ+σ)] =>4,94
Cola inferior [<μ-σ)] = <1,32

La mayoría de las respuestas del primer grupo, 10 sobre 12, se han centrado en calcular el perímetro y el área de los pentágonos y 2 más se han limitado a medir la longitud de los lados.

Sólo dos estudiantes, el 6 y el 8, han aportado respuestas en el apartado de círculos: el estudiante 6 propone *“hallar el radio del círculo menor que contiene a las 5 canicas”* y el estudiante 8 *“dibujar circunferencias concéntricas”*. Además ambas respuestas son únicas por lo que puntúan en el apartado de originalidad.

Los estudiantes no han dado ninguna respuesta en los otros grupos tales como: (1) diagonales: sumar las 5 diagonales o hallar la media de las diagonales, (2) unir punto interior con los vértices: sumar los 5 segmentos o hallar la media de los 5 segmentos, (3) dibujar cuadrados: medir el lado del cuadrado más pequeño que incluya todos los puntos o dibujar sobre los puntos varios cuadrados, darlos valor y sumar sus valores y (4) contar puntos: dibujar puntos entre las canicas y contarlos o contar los puntos que hay fuera de los pentágonos

Solo los citados estudiantes 6 y 8, con 6 y 5 puntos respectivamente han superado la media (3’13) y además ambos están situados en la cola superior (3’13 + 1’81 = 4’94).El estudiante 5 no ha dado ninguna respuesta en este juego por lo que se sitúa otra vez en la cola inferior (3’13 - 1’81 = 1’32).

3.1.3. Resultados del juego 3

Las respuestas de los estudiantes en el juego 3 pertenecen a cuatro grupos diferentes: constantes, longitud lados, forma de las caras y volumen; aunque la mayor parte de ellas corresponden a la variación de la longitud de los lados (Tabla III).

Tabla III. Resultados de los estudiantes en el Juego 3

	Respuestas estudiantes (veces que aparece la respuesta)	Estudiantes E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Total
1 Constantes	Al principio c se mantiene constante (1)								1*	
2 Longitud lados	Cuando a disminuye, b aumenta (4) Cuando se inclina mucho c disminuye (2) Cuando c disminuye, b aumenta (3) Lados a, b y c varían (2)	1	2	2	1		3	1	1	
3 Área caras										
4 Forma caras	Cambia la forma de la superficie del agua (1) La cara derecha siempre es un rectángulo (1)	1*					1*			
5 Rango										
6 Volumen	El agua siempre tiene el mismo volumen (1)		1*							
7 Otros										
	Fluidez	2	3	2	1	0	4	1	2	15
	Flexibilidad	2	2	1	1	0	2	1	2	11
	Originalidad	1	1	0	0	0	1	0	1	4
	Total	5	6	3	2	0	7	2	5	30

Media [μ)] = 3,75
Desviación [σ] = 2,38
Cola superior [>(μ+σ)] => 6,13
Cola inferior [<μ-σ)] = <1,37

Las cuatro respuestas que no pertenecen al grupo que incluye la longitud de los lados pertenecen a cuatro estudiantes diferentes y han sido únicas, por lo que estos estudiantes han obtenido un punto cada uno en el apartado de originalidad.

No han dado ninguna respuesta en los grupos relacionados con las caras y el rango, como son: (1) caras: las caras superior y derecha siempre son rectángulos o todas las caras varían de forma y área y (2) rango: la longitud máxima del segmento b es 15 cm o la longitud mínima del segmento a es 0 cm

Cuatro estudiantes han superado la media de 3’75 puntos y solo el estudiante 6, con 7 puntos, ha conseguido de nuevo situarse en la cola superior (3’75 + 2’38 = 9’13); el estudiante 5 no ha conseguido tampoco en este juego ningún punto por lo que vuelve a situarse en la cola inferior (3’75 – 2’38 = 1’37).

3.1.4. Resultados del juego 4

Todos los estudiantes han escrito alguna respuesta en este juego; estas respuestas se han repartido en cuatro grupos distintos: caras, elementos (aristas, vértices, ángulos…), cuerpos geométricos y otros, aunque la mayor parte de las respuestas pertenecen a los dos primeros (Tabla IV).

Tabla IV. Resultados de los estudiantes en el Juego 4

	Respuestas estudiantes (veces que aparece la respuesta)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Total
		Estudiantes								
1 Caras	Tiene solo una base (4) Alguna cara es un triángulo (4) Tiene 4 caras (2) Sus caras no son circulares (1)	1	1		1	1	2	2	3*	11
2 Aristas, vértices, ángulos…	Tiene 4 vértices (3) Tiene vértices (1) Tiene aristas (2) Tiene más de 3 vértices (1) Tiene aristas rectas (1) Tiene algún ángulo agudo (1)	1	2*	1*	1*	1	2*		1	9
3 Cuerpo geométrico	Es una pirámide (3)	1	1				1			3
4 Proyecciones										
5 Secciones										
6 Volumen										
7 Otros	Acaba en punta (1) No tiene círculos ni semicírculos (1)				1*		1*			2
	Fluidez	3	4	1	3	2	6	2	4	25
	Flexibilidad	3	3	1	3	2	3	1	2	18
	Originalidad	0	1	1	2	0	2	0	1	7
	Total	6	8	3	8	4	11	3	7	50

Media [μ)] = 6,25
Desviación [σ] = 2,82
Cola superior [>(μ+σ)] =>9,07
Cola inferior [<μ-σ)] = <3,43

Las respuestas más frecuentes se han centrado en el número y forma de las caras y en el número de vértices y se han obtenido 7 respuestas únicas repartidas entre cinco estudiantes diferentes.

En tres grupos de respuestas de los que se habían previsto no han dado ninguna respuesta, como: (1) proyecciones: la proyección lateral es un triángulo o la proyección desde arriba es un polígono, (2) secciones: la sección horizontal es proporcional a la baseo la sección vertical es un triángulo y (3) volumen: tienen volumen o para hallar el volumen se divide entre 3 el área de la base por la altura.

Cuatro estudiantes han obtenido una puntuación superior a la media y uno de ellos, el estudiante 6 con 11 puntos, se ha vuelto a situar en la cola superior (6’25 + 2’82 = 9’07). Dos estudiantes, el 3 y el 7, con 3 puntos cada uno, se han situado en la cola inferior (6’25 – 2’82 = 3’43).

3.1.5. Resultados globales de la prueba

En la tabla V se muestran los resultados globales de la prueba obtenidos por los ocho estudiantes en cada una de las componentes de la creatividad y en cada uno de los juegos y los parámetros estadísticos (media, desviación y colas superior e inferior) de los ocho estudiantes.

Tabla V. Resultados globales de la prueba

	1º ESO		2º ESO		3º ESO		4º ESO		Total	
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	Nº	%
Fluidez	11	18	8	13	3	22	11	18	104	57%
Flexibilidad	9	9	4	8	3	10	6	10	59	32%
Originalidad	1	2	1	4	0	5	2	4	19	10%
Juego 1	8	12	4	12	2	13	11	15	77	42%
Juego 2	2	3	3	3	0	6	3	5	25	14%
Juego 3	5	6	3	2	0	7	2	5	30	17%
Juego 4	6	8	3	8	4	11	3	7	50	27%
Total estudiantes	21	29	13	25	6	37	19	32	182	100%

Media estudiantes [μ)] = 22,75
Desviación [σ] = 10,18
Cola superior [>(μ+σ)] => 32,93
Cola inferior [<μ-σ)] = <12,57

La puntuación media de los estudiantes es 22’75 puntos con una desviación de 10’18. Cuatro estudiantes están por encima de la media, pero solo uno, el estudiante 6 se sitúa en la cola superior, quedando el estudiante 8 muy cerca. Solo uno de los cuatro estudiantes que no han llegado a la media, el estudiante 5, se sitúa en la cola inferior, quedando también el estudiante 3 muy cerca.

Al analizar los resultados por curso se observa que, en contra de lo esperado, no existe una relación directa entre el curso y la puntuación, es decir que a curso más alto le correspondiera una puntuación más alta. En la fluidez hay un empate entre los estudiantes de 1º y 4º, los estudiantes de 1º encabezan la puntuación en flexibilidad y los de 4º encabezan la de originalidad. En el total de la prueba el orden de puntuación es 4º, 1º, 3º y 2º, dándose además la circunstancia de que los estudiantes con puntuación más alta y baja son los de 3º curso.

En análisis en los que la fluidez se mide con el número de respuestas, la flexibilidad con el número de tipos diferentes de respuestas y la originalidad con la singularidad de las respuestas, la componente con más participación es la fluidez y la de menos participación la originalidad. En nuestra prueba la fluidez ha participado con un 57%, la flexibilidad con un 32% y la originalidad con un 10% (Figura 7a).

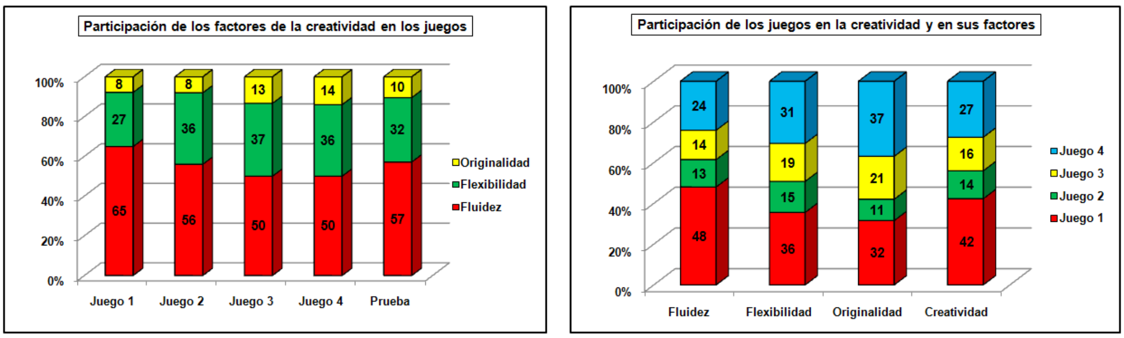


Figura 7. Relación entre los factores de la creatividad y los juegos de la prueba

El juego 1 es el juego que mayor participación ha tenido en la creatividad con un 42%, seguido del juego 4 con un 27%, del juego 3 con 17% y finalmente del juego 2 con un 14%. Este mismo orden en la participación de los juegos se mantiene en cada una de las componentes de la creatividad, aunque con variaciones en los porcentajes (Figura 7b).

3.3. Análisis de la calidad de la prueba

Para analizar la calidad de la prueba se han estudiado su fiabilidad y consistencia interna, su dificultad, su poder de discriminación y su homogeneidad.

Fiabilidad y consistencia interna

La fiabilidad de una prueba indica la exactitud o precisión de un instrumento. Existen distintos tres tipos de fiabilidad: (1) la estabilidad a través del tiempo, que se halla realizando la prueba dos veces a los mismos estudiantes (test-retest), (2) la representatividad, que se refiere a la ausencia de variaciones al aplicar la prueba a dos poblaciones distintas y (3) la consistencia interna, que mide el grado de relación entre los juegos que componen la prueba y puede obtenerse con el coeficiente Alfa de Cronbach y con el método de la división en dos mitades.

El método de consistencia interna basado en el Alfa de Cronbach permite estimar la fiabilidad de un instrumento de medida a través de un conjunto de ítems que se espera que midan el mismo constructo o dimensión teórica.

A partir de la matriz de resultados obtenidos por cada estudiante en cada uno de los juegos (Tabla 5) se ha calculado el alfa de Cronbach de la prueba que asciende a 0’849.

Una prueba tiene una buena consistencia interna cuando su coeficiente Alfa de Cronbach es superior a 0’8. Como la prueba ha obtenido un Alfa de 0’849, se considera que es altamente consistente.

Al aplicar el Alfa de Cronbach a los resultados totales obtenidos en los cuatro juegos en las componentes de fluidez, flexibilidad y originalidad se ha alcanzado un alfa de Cronbach de 0’854, lo que confirma la consistencia de la prueba (Tabla VI).

Tabla VI. Resultados de las componentes en cada juego

	Juego 1	Juego 2	Juego 3	Juego 4	Total
Fluidez	50	14	15	25	104
Flexibilidad	21	9	11	18	59
Originalidad	6	2	4	7	19
Total	77	25	30	50	182

En el método de división en dos mitades se dividen los ítems en dos mitades y se halla el coeficiente de correlación entre ambas mitades. Al dividir la prueba en juegos impares y juegos pares se ha obtenido un coeficiente de correlación de 0’864, que confirma de nuevo la fiabilidad de la prueba referida a su consistencia interna.

Dificultad

Un juego es fácil o difícil en función al número de estudiantes que responden correctamente con relación al número de estudiantes que lo intentan.

En pruebas dicotómicas, bien-mal, el índice de dificultad se obtiene con la fórmula:

$$ID = \frac{A}{N}$$

A: número de estudiantes que responden correctamente
N: número total de estudiantes

En esta prueba la puntuación de cada juego es una variable continua sin límite superior, por lo que se ha empleado una fórmula que considera el límite superior la puntuación máxima; esta puntuación máxima depende de la muestra elegida, por lo que al ser esta muy pequeña, los resultados son meramente orientativos.

$$ID = \frac{\bar{x}}{Max(x_i)}$$

$\bar{x}$: media de las puntuaciones obtenidas en el juego
$Max(x_i)$: máxima puntuación obtenida en el juego

Los índices de dificultad obtenidos se muestran en la tabla VII.

Tabla VII. Índices de dificultad

Juego 1	Juego 2	Juego 3	Juego 4	Prueba
,64	,52	,54	,57	,61

Un juego se considera de dificultad media si se aproxima a 0'5; teniendo en cuenta que al no haber límite superior se ha usado como denominador la puntuación máxima por lo que el índice obtenido es superior al índice real, podemos considerar que todos los juegos, y la prueba en su totalidad, tienen un índice de dificultad aceptable.

Discriminación

El índice de discriminación determina la diferencia entre los estudiantes que tienen un rendimiento alto o bajo en la prueba.

La fórmula para obtener el índice de discriminación es

$$Id = \frac{A_s - A_i}{N}$$

A_s: aciertos en estudiantes con mayor puntuación
A_i: aciertos en estudiantes con menor puntuación
N: número total de estudiantes de cada grupo

Dependiendo del número de estudiantes el porcentaje de estudiantes de cada grupo puede variar desde el 25% hasta el 50%; como el número de participantes en la prueba es bajo, se han dividido los 8 estudiantes en dos grupos de 4 cada uno.

Al no tratarse de pruebas dicotómicas, la puntuación de cada estudiante se ha hallado dividiendo la puntuación por la puntuación máxima obtenida en el juego, obteniéndose índices de dificultad de la tabla VIII:

Tabla VIII. Índices de discriminación

Juego 1	Juego 2	Juego 3	Juego 4	Prueba
,45	,38	,57	,41	,43

Un juego se considera discriminatorio si su índice de discriminación es superior a 0'3, por lo que todos los juegos, y la prueba en su totalidad, son altamente discriminatorios.

Este índice tendría más valor si se realizara sobre distintos grupos de alumnos, por ejemplo, con alumnos diagnosticados con altas capacidades, alumnos de alto rendimiento matemáticos y alumnos con rendimiento medio en matemáticas.

Homogeneidad

El índice de homogeneidad indica la relación entre cada juego y la puntuación total en la prueba y se halla mediante el coeficiente de correlación de Pearson.

Como el número de juegos es pequeño, para evitar la influencia del juego en el total de la prueba, es conveniente obtener el índice de homogeneidad corregido, Hc; el índice corregido de un juego es la correlación entre el juego y el total de la prueba excluido el juego cuyo índice se desea hallar.

Se han obtenido los siguientes índices de homogeneidad (tabla IX).

Tabla IX. Índices de homogeneidad

	Juego 1	Juego 2	Juego 3	Juego 4
IH	,92	,88	,84	,85
IH_c	,76	,83	,75	,74

Los índices de homogeneidad superiores a 0’40 se consideran aceptables, por lo que los cuatro juegos son muy homogéneos.

Discusión

El objetivo de la investigación era prueba era comprobar la adaptación de la prueba de habilidad creativa en la resolución de problemas de matemáticas de Lee, Hwang y Seo (2003) presentada en el I Congreso Internacional “Nuevas perspectivas en el estudio de la superdotación y el talento” de la Universidad de Murcia

Para ello se estudiaron las respuestas de ocho estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria a cuatro problemas abiertos de matemáticas en función de los tres componentes de la creatividad (fluidez, flexibilidad y originalidad) y después se analizó la calidad de la prueba mediante el estudio de su fiabilidad y consistencia interna, su dificultad, su poder de discriminación y su homogeneidad.

Los resultados obtenidos se concretan en las siguientes dos conclusiones:

(1) Cuatro estudiantes están por encima de la media, pero solo uno está en la cola superior ($\mu+\sigma$) y cuatro estudiantes están por debajo de la media, pero solo uno está en la cola inferior ($\mu+\sigma$) dando unos porcentajes compatibles con una distribución normal.

(2) No existe una relación directa entre la creatividad en la resolución de problemas y la edad de los participantes, por lo que la creatividad no depende de la edad.

La calidad de la prueba es muy aceptable, de acuerdo con los siguientes cuatro parámetros:

(1) La fiabilidad de la prueba, basada en la consistencia interna, se ha medida mediante el coeficiente alfa de Cronbach y mediante el método de división en dos mitades. Se ha obtenido un alfa de Cronbach de 0’849 en relación con los cuatro juegos y un 0’854 con relación a las componentes de la creatividad y un coeficiente de correlación en el método de las mitades de 0’864. Los tres coeficientes hallados han sido superiores a 0’800, lo que garantiza la fiabilidad de la prueba.

(2) Los índices de dificultad de los juegos se sitúan entre 0’52 y 0’64 y el índice de dificultad de la prueba ha sido 0’61. Como todos los índices, a pesar de no existir límite superior, se aproximan a 0’5, se considera que la dificultad de la prueba en general y de los juegos en particular es adecuada.

(3) Se han obtenido unos índices de discriminación de los juegos entre 0’38 y 0’57 y de 0’43 en el total de la prueba. Todos los índices son superiores a 0’30 por lo que la capacidad de discriminación de la prueba es más que suficiente.

(4) Los índices de homogeneidad normales y corregidos se han obtenido con los coeficientes de correlación de Pearson entre cada juego y la prueba total. Los dos índices de cada juego se sitúan entre 0’74 y 0’92, por lo que, al ser superiores a 0’40, la homogeneidad de cada uno de los juegos es apropiada.

Sería conveniente realizar la prueba con muestras mucho más amplias a estudiantes ya diagnosticados con altas capacidades matemáticas, a estudiantes con alto rendimiento matemático y a estudiantes con un rendimiento matemático medio.

Con los resultados de estas muestras podríamos establecer de forma clara la relación entre la creatividad y las altas capacidades matemáticas y entre la creatividad y el rendimiento matemático e inferir orientaciones para desarrollar y fomentar la creatividad en las clases de matemáticas.

La aplicación de esta prueba para identificar la habilidad creativa en las clases de matemáticas de Educación Secundaria puede estimular la creatividad en los estudiantes y aumentar su interés por las matemáticas.

Los juegos utilizados en esta prueba pueden servir a los profesores de matemáticas como modelos de problemas abiertos cuya práctica puede animar a los estudiantes a enfrentarse a los problemas favoreciendo el desarrollo de las tres componentes de la creatividad, es decir, fluidez, flexibilidad y originalidad

Referencias

Barron, F. (1969). Personalidad Creadora y Proceso Creativo. Madrid, España: Marova (1976).

Becker, J. P., & Shimada, S. (1997). The Open-Ended Approach: A New Proposal for Teaching Mathematics. National Council of Teachers of Mathematics, 1906 Association Drive, Reston, VA 20191-1593.

Callejo, M. L. (2003). Creatividad matemática y resolución de problemas. Sigma 22, 25-34.

De la Torre, S., & Violant, V. (2006). Comprender y evaluar la creatividad. Cómo investigar y evaluar la creatividad, Volumen 2, Aljibe. Málaga, España.

Falcón, H. M. y Montenegro E. I. (2014). Los problemas abiertos: una vía para facilitar las tareas integradoras en la enseñanza. Cuadernos de Educación y Desarrollo (43).

García, J. J. G. (1998). La creatividad y la resolución de problemas como bases de un modelo didáctico alternativo. Revista Educación y Pedagogía, 10(21), 145-173.

Garret, R. M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, 6(3). p. 224-230.

Goñi, A. (2000). Desarrollo de la creatividad. San José, Costa Rica: UNED.

Guilford, J. P. (1950). Creativity. American Psychologist 5(9): 444–454.

Haylock, D. W. (1987): A framework for assessing mathematical creativity in schoolchildren. Educational Studies in Mathematics, 18(1), 59–74.

Lee, K. S., Hwang, D. & Seo, J. J. (2003). A development of the test for mathematical creative problem solving ability. Research in Mathematical Education, 7(3), 163-189.

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE). Boletín Oficial del Estado. Madrid, España.

Mackinnon, D. W. (1977): El Individuo Creativo: Su Comprensión desde la Investigación", Innovación Creadora, 2 (1), pp.: 5-13.

Marín Ibañez, R. (1995): La creatividad: diagnóstico, evaluación e investigación. Madrid: UNED.

Pehkonen, E. (1997): The state-of-the-art in mathematical creativity. ZDM, 29(3), pp. 63-67.

Robinson, K. (2012). Busca tu elemento. Aprende a ser creativo individual y creativamente. Editor: Empresa Activa.

Rodríguez, M. (1999). Manual de creatividad. Los procesos psíquicos y el desarrollo. Serie creatividad siglo XXI. México: Editorial Trillas.

Salazar, M., Zapatera, A., Ferrando, M. y Bermejo, (2016). Cómo evaluar el talento matemático: un estudio piloto en estudiantes de Educación Secundaria. I Congreso Internacional: Nuevas Perspectivas en el estudio de la Superdotación y el Talento. Universidad de Murcia.

Torrance, E.P. (1962). Guiding creative talent. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.