

El Guiniguada

(Revista de investigaciones y experiencias en Ciencias de la Educación)

eISSN: 2386-3374

10.20420/ElGuiniguada.2013.333 (doi general de la revista)

Journal information, indexing and abstracting details, archives, and instructions for submissions:
<http://ojsspd.c.ulpgc.es/ojs/index.php/ElGuiniguada/index>



Procesos cognitivos creativos y detección de errores en problemas resueltos en la educación secundaria

Creative cognitive processes and
error detection in worked-out
problem examples in secondary
education

Adrián Requejo García

Joan J. Solaz-Portolés

Vicente Sanjosé López

Universitat de València

España

DOI (en Sumario/Título, en WEB de la Revista)

Recibido el 08/01/2024

Aceptado el 04/03/2024



**Procesos cognitivos creativos y detección de errores
en problemas resueltos en la educación secundaria**
Creative cognitive processes and error detection
in worked-out problem examples in secondary education

Adrián Requejo García

requejoadrian98@gmail.com

Joan J. Solaz-Portolés

oan.solaz@uv.es

Vicente Sanjosé López

vicente.Sanjose@uv.es

Universitat de València. España

RESUMEN

Los objetivos del presente estudio son analizar la influencia del uso de algunos procesos cognitivos creativos sobre la detección de errores en problemas resueltos y examinar los efectos del nivel académico y género sobre estos procesos y la detección de errores. Se realiza una investigación en la que participan 140 estudiantes (75 mujeres y 65 hombres) de tres niveles de la Educación Secundaria. Se les administra una prueba de detección de errores en problemas resueltos y un cuestionario de procesos cognitivos creativos. A partir del análisis de correlaciones, de regresión múltiple y de mediación es posible concluir que: a) la variable que más contribuye a la variabilidad en la detección de errores fue el nivel académico; b) el nivel académico genera diferencias significativas en el uso de los procesos toma de perspectiva, flujo de ideas, pensamiento metafórico y analógico, y generación de ideas; y c) estos últimos cuatro procesos tienen un efecto indirecto significativo sobre la detección de errores.

PALABRAS CLAVE

CREATIVIDAD, PROCESO COGNITIVO, DETECCIÓN DE ERRORES, RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS, ENSEÑANZA SECUNDARIA

ABSTRACT

The goals of the present study are to analyze the influence of the use of certain creative cognitive processes on error detection in worked-out problem examples and to examine the effects of grade level and gender on these processes and error detection. A total of 140 students (75 females and 65 males) from three different grades of secondary education participate. An error detection test and a questionnaire on creative cognitive processes are administered to the participants. Through correlation, multiple regression and mediation analyses it is possible to conclude that: a) the variable that most contributes to the variability in error detection is grade level; b) grade level generates significant differences in the use of the processes perspective-taking, idea flow, metaphorical and analogical thinking, and brainstorming; and c) these last four processes have a significant indirect effect on error detection.

KEYWORDS

CREATIVITY, COGNITIVE PROCESS, ERROR DETECTION, PROBLEM SOLVING, SECONDARY EDUCATION

INTRODUCCIÓN

La creatividad desempeña un papel fundamental en la resolución de problemas. De hecho, se han propuesto diferentes modelos para explicar los procesos creativos durante la resolución de problemas (Hélie y Sun, 2010; Wang y Chiew, 2010; Yeh y Wu, 2006). El primer modelo fue propuesto por Wallas en 1926 (Sadler-Smith, 2015, pp. 245-346) y en él se considera que se llevan a cabo cuatro etapas. En primera etapa, la *preparación*, se define el problema y se recopila y estructura la información relevante para su solución. En la segunda, llamada *incubación*, se analiza el problema y se plantean ideas o caminos para generar la solución. En la tercera, conocida como *iluminación* o *inspiración*, se llega de forma repentina a la solución del problema. En la cuarta y última, denominada *verificación*, se comprueba la corrección de la solución alcanzada. Aunque las fases de *preparación* y *verificación* están marcadas por la actividad consciente, las fases de *incubación* e *iluminación* pueden incluir actividad no consciente (Aldous, 2004). De la importancia de este modelo dan fe las investigaciones realizadas hasta la primera década del presente siglo, centradas en la búsqueda de pruebas que respalden la existencia de las etapas individuales de la resolución creativa de problemas (Hélie y Sun, 2010). No obstante, los procesos creativos parecen tener una importante estructura dinámica y el modelo de Wallas dista mucho de ser dinámico (Botella y Lubart, 2019).

Diversos autores han formulado posteriormente modelos basados en distintas etapas que conformarían el proceso creativo (Lubart *et al.*, 2015). Es destacable el modelo de cinco etapas de O'Neill y Shallcross (1994), que se diferencia de otros modelos porque vincula la cognición y la creatividad y tiene una naturaleza dinámica. En esta misma línea, Basadur y Gelade (2005) presentaron un modelo de creatividad que identifica los procesos cognitivos implicados y muestra cómo se relacionan entre sí. Para los autores la aprehensión y la utilización del conocimiento constituyen la base de su modelo dinámico de creatividad aplicada, que identifica cuatro etapas distintas y sucesivas del proceso creativo denominadas generación, conceptualización, optimización e implementación.

En la actualidad no se dispone de medidas directas de los procesos creativos concretos, lo que comporta un gran problema para quienes desean estudiarlos. Por ello, Miller (2014) defiende que un instrumento de autoinforme de los procesos cognitivos creativos podría ser una opción, para lo que desarrolló y validó el cuestionario de Procesos Cognitivos Asociados con la Creatividad (PCAC). Los procesos que identifica el autor en la elaboración de su cuestionario son:

- Generación (lluvia) de ideas: se proporciona el mayor número de respuestas posibles sin consideración de su plausibilidad.
- Pensamiento metafórico y analógico: se toman ideas de un contexto y se aplican en otro.
- Toma de perspectiva (o manipulación de ideas): se cambia el punto de vista sobre un problema para solucionarlo
- Formación de imágenes: se visualiza internamente el problema.
- Incubación: se trabaja de forma inconsciente la solución del problema
- Flujo de ideas: proceso que, de forma casi automática y sin esfuerzo, se produce durante la ejecución de un trabajo intenso.

Suele ser una práctica habitual en las aulas de ciencias y matemáticas la utilización de problemas resueltos en el aprendizaje de la resolución de problemas. El profesorado espera que mediante los problemas-modelo resueltos los estudiantes puedan resolver otros problemas por transferencia analógica (Gómez *et al.*, 2012). En el trabajo de Renkl (2017) se apuntan y se fundamentan los beneficios de esta metodología. Con el fin de mejorar los procesos de aprendizaje de resolución de problemas Loibl y Leuders (2019) emplearon la inclusión de errores en dichos problemas. Estudios posteriores han corroborado que el uso didáctico de ejemplos de problemas resueltos erróneamente contribuye a perfeccionar las destrezas de los estudiantes en resolución de problemas (Chen *et al.*, 2019; Zhao y Acosta-Tello, 2016). Además, como se ha constatado en el estudio de Zamora *et al.* (2018), las actividades de identificación de errores en el aula promueven la autorregulación del aprendizaje en los estudiantes.

La detección de errores en problemas resueltos y los factores que pueden incidir sobre los mecanismos de detección no han recibido todavía mucha atención por parte de los investigadores. En el reciente estudio de Hjarro-Vercher *et al.* (2023) se han analizado los efectos de la creatividad (en forma de pensamiento divergente), metacognición y autoeficacia sobre la capacidad de detección de errores en problemas resueltos de estudiantes de educación secundaria. En las conclusiones de este trabajo se destacan la baja capacidad de detección de errores del estudiantado, la gran influencia del nivel académico, la autoeficacia y la creatividad, y el efecto indirecto de las destrezas metacognitivas en la detección de estos errores.

Atendiendo a la importancia tanto de la creatividad y de los procesos cognitivos vinculados a ella en la resolución de problemas, como de la detección de errores en problemas resueltos en contextos educativos, los objetivos del presente estudio son:

1. Analizar la influencia del uso de procesos cognitivos asociados a la creatividad sobre la capacidad de detección de errores en problemas resueltos en estudiantes de educación secundaria.
2. Examinar los efectos del nivel académico y del género del alumnado sobre los procesos cognitivos asociados a la creatividad y sobre la detección de errores en problemas resueltos.

METODOLOGÍA

La investigación tuvo en enfoque cuantitativo con un diseño *ex post facto* de carácter transversal. Se tomó como variable dependiente la detección de errores insertados en problemas resueltos de ciencias, y como variables independientes las seis dimensiones del cuestionario de Miller (2014) de Procesos Cognitivos Asociados a la Creatividad (PCAC): generación de ideas, pensamiento metafórico y analógico, toma de perspectiva, formación de imágenes, incubación y flujo de ideas. También fueron variables independientes el nivel académico y el género. Los datos fueron recogidos durante los primeros meses del curso académico 2022-2023.

En el estudio participaron de forma voluntaria 140 estudiantes, 24 hombres y 35 mujeres de 3º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO), 24 hombres y 16 mujeres de 4º de ESO, y 17 hombres y 24 mujeres de 1º de Bachillerato, de edades comprendidas entre los 14 y los 17 años. Se trató de una muestra de conveniencia y todos ellos pertenecían a grupos íntegros de dos institutos públicos de Educación Secundaria. Se garantizó la participación de forma anónima (se animó al alumnado a utilizar un código, mote o seudónimo como identificación) y la confidencialidad de los datos obtenidos. Asimismo, se solicitó permiso para llevar a cabo la investigación a las respectivas direcciones de los centros que, a su vez, lo pidieron a padres y madres.

Se utilizaron dos instrumentos: uno, para evaluar la capacidad de detección de errores en problemas resueltos, y el otro, un autoinforme para que el estudiantado diera a conocer el uso de determinados procesos cognitivos vinculados a la creatividad. A continuación, se describen estos instrumentos.

La evaluación de la capacidad de detección de errores en problemas resueltos se llevó a cabo mediante la prueba propuesta por Hijarro-Vercher *et al.* (2023). Dicha prueba consta de dos problemas verbales resueltos con errores tomados del trabajo de Wooley *et al.* (2018) y adaptados a los conocimientos del alumnado español, y la tarea consiste en indicar si el problema contiene errores, que se tienen que señalar y explicar por escrito. Los problemas con su solución propuesta son:

Problema 1. Un amigo y tú estáis en un pueblo a 75 Km del vuestro. Tu amigo decide volver media hora (0.5 h) antes que tú, y lo hace a una velocidad de 52 Km por hora. Si quisieras llegar a tu pueblo al mismo tiempo que tu amigo, ¿a qué velocidad deberías conducir?

Solución: Para obtener el tiempo que tarda tu amigo en volver al pueblo, dividimos distancia entre velocidad $75 : 52 = 1.44$ h El tiempo que tardarás tú será 1.44 h - 0.5 h = 0.94 h. La velocidad a la que tienes que ir la obtendremos 75 Km x 0.94 h = 70.5 Kmh.

Problema 2. Cuando un pez llega a su adolescencia su peso aumenta hasta alcanzar un valor del 550% respecto de cuando nació. Posteriormente, cuando llega a la edad adulta, el peso aumenta hasta el 150% respecto de la adolescencia. Si cuando nació un pez pesaba 2g, ¿cuánto podrá pesar cuando llegue a adulto?

Solución: El porcentaje de aumento de peso desde que nace el pez es $500\% + 150\% = 700\%$. Por tanto, el peso que alcanzará de adulto a partir de los 2g iniciales vendrá dado por $2g \times 700/100 = 14 g$.

Los conceptos y procedimientos involucrados en los problemas eran conocidos por el alumnado participante. Siguiendo las directrices de los autores, la prueba se calificó otorgando entre 0 y 3 puntos en cada problema (0: no se detecta el error; 1: se detecta el error, pero no se señala; 2: se detecta el error, se señala, pero no se explica o no se hace adecuadamente; 3: la detección del error es correcta y completa, perfectamente explicada).

El uso de determinados procesos cognitivos relacionados con la creatividad fue determinado mediante el cuestionario PCAC de Miller (2014). Un autor de este estudio tradujo el cuestionario y la traducción fue revisada y mejorada por una experta filóloga. Seguidamente, fue analizado por un profesor universitario y un profesor de educación secundaria. Ambos realizaron cambios para mejorar su legibilidad y comprensión. Este cuestionario consta de 28 ítems y utiliza una escala tipo Likert de cinco niveles de respuesta, desde “nunca” que tiene valor 1, hasta “siempre” que tiene valor 5. En estos ítems se examina la autopercepción del uso del alumnado de los siguientes procesos (dimensiones del cuestionario): generación de ideas (6 ítems), pensamiento metafórico y analógico (4 ítems), toma de perspectiva (5 ítems), formación de imágenes (6 ítems), incubación (3 ítems) y flujo de ideas (4 ítems). Se muestra a continuación un ítem de ejemplo de cada uno de los procesos:

- Toma de perspectiva
Mirar un problema desde un ángulo diferente puede facilitarme llegar a la solución.
- Formación de imágenes
Si me atasco en un problema, visualizo cómo podría llegar a encontrar su solución.
- Flujo de ideas
Cuando trabajo en algo que me gusta, los resultados obtenidos parecen automáticos y sin esfuerzo.
- Pensamiento metafórico y analógico
Cuando resuelvo un problema, intento aplicar resoluciones de otros problemas anteriores a la nueva situación problemática.
- Generación de ideas
Cuando estoy llevando a cabo una tarea o actividad, intento generar el máximo de ideas posible para realizarla.
- Incubación
Obtengo soluciones a los problemas cuando mi mente está relajada.

Se administró en primer lugar la prueba de detección de errores en problemas. El alumnado dispuso de un máximo de 35 minutos, aunque la mayoría completó la prueba en menos tiempo. El cuestionario PCAC se administró en otra sesión de 35 minutos.

Las pruebas de detección de errores en problemas de 30 estudiantes (10 de 3º de ESO, 10 de 4º de ESO y 10 de 1º de Bachillerato) escogidas al azar fueron evaluadas independientemente por dos de los autores de este estudio. Se determinaron los coeficientes de correlación producto-momento de Pearson entre las puntuaciones de ambos evaluadores y se aplicó el test t de Student para comprobar si existieron diferencias significativas en las puntuaciones entre evaluadores. Los coeficientes de correlación fueron .76 para el primer problema y .82 para el segundo. Para el primer problema $t = 1.02$, $p = .31$ (g.l. =58), y para el segundo $t = 1.23$, $p = .22$ (g.l. =58), es decir, no hay diferencias significativas en la puntuación. Por tanto, el grado de concordancia entre evaluadores fue aceptable y el procedimiento de evaluación suficientemente objetivo.

Se elaboró una tabla de Excel con las puntuaciones de cada estudiante en cada uno de los problemas y en cada uno de los ítems del cuestionario PCAC, además de su nivel académico y género. Los datos se procesaron mediante el paquete estadístico SPSS versión 24.0. Se determinó la fiabilidad del cuestionario PCAC, que resultó ser $\alpha = .83$. Se calcularon también las alfas de Cronbach de cada una de las dimensiones o procesos del cuestionario: generación de ideas, $\alpha = .59$; pensamiento metafórico y analógico, $\alpha = .69$; toma de perspectiva, $\alpha = .62$; formación de imágenes, $\alpha = .64$; incubación, $\alpha = .49$; y flujo de ideas, $\alpha = .69$.

Atendiendo al procedimiento del análisis de mediación propuesto por Hayes (2013), y recogido de forma práctica en el trabajo de Muñoz y González (2017), se procedió a determinar el nivel de significación del efecto de mediación mediante el test de Sobel (1982).

RESULTADOS

En Tabla 1 aparecen las puntuaciones medias en los distintos procesos cognitivos asociados a la creatividad y en la prueba de detección de errores en problemas, de acuerdo con el nivel académico (curso) y género del alumnado.

Tabla 1. Estadística descriptiva de las variables del estudio

Variable	Nivel Académico	Género	M	SD
Toma de Perspectiva (Punt. máx. 25)	3º ESO	Hombre	16.40	3.25
		Mujer	16.30	2.35
	4º ESO	Hombre	17.85	3.55
		Mujer	16.05	2.60
	1º Bachillerato	Hombre	19.80	2.55
		Mujer	18.60	2.25
Formación de Imágenes (Punt. máx. 30)	3º ESO	Hombre	19.44	3.66
		Mujer	19.26	3.78
	4º ESO	Hombre	21.72	4.50
		Mujer	19.62	6.18
	1º Bachillerato	Hombre	20.76	3.06
		Mujer	20.28	4.32
Flujo de Ideas	3º ESO	Hombre	14.96	3.00

(Punt. máx. 20)	4º ESO	Mujer	14.32	3.56	
		Hombre	15.76	2.84	
	1º Bachillerato	Mujer	15.24	3.04	
		Hombre	16.04	2.75	
	Pensamiento Metafórico/Analgico (Punt. máx. 20)	3º ESO	Mujer	15.76	2.28
			Hombre	13.60	3.24
4º ESO		Mujer	12.24	2.88	
		Hombre	14.44	2.56	
1º Bachillerato		Mujer	13.88	2.24	
		Hombre	15.16	2.04	
Generación de Ideas (Punt. máx. 30)	3º ESO	Mujer	15.24	2.28	
		Hombre	19.86	3.06	
	4º ESO	Mujer	20.28	3.24	
		Hombre	20.10	2.82	
	1º Bachillerato	Mujer	20.22	2.52	
		Hombre	21.48	2.76	
Incubación (Punt. máx. 15)	3º ESO	Mujer	22.14	2.34	
		Hombre	9.06	2.73	
	4º ESO	Mujer	8.67	3.12	
		Hombre	9.24	2.79	
	1º Bachillerato	Mujer	8.70	2.97	
		Hombre	9.63	2.25	
Detección de errores en problemas resueltos (Punt. máx. 6)	3º ESO	Mujer	9.57	2.37	
		Hombre	2.54	0.60	
	4º ESO	Mujer	2.14	0.88	
		Hombre	3.54	0.94	
	1º Bachillerato	Mujer	3.26	1.24	
		Hombre	5.24	0.76	
		Mujer	5.16	0.64	

Los coeficientes de correlación producto-momento de Pearson entre las variables implicadas en el presente estudio se ofrecen en la Tabla 2. Es destacable que el género no correlacionó de forma significativa con ninguna otra variable, y que la variable detección de errores en problemas resueltos correlacionó significativamente con el nivel académico y con todos los procesos cognitivos asociados a la creatividad a excepción de la formación de imágenes (o visualización).

Tabla 2. Matriz de correlaciones entre variables del estudio

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. D. Error	1	-0.097	0.821 ^γ	0.337 ^γ	0.082	0.195 ^α	0.320 ^γ	0.207 ^α	0.183 ^α
2. Género		1	-0.043	-0.107	-0.106	0.034	0.097	0.160	-0.030
3. N. Acad.			1	0.339 ^γ	0.103	0.176 ^α	0.330 ^γ	0.197 ^α	0.114
4. TP				1	0.481 ^γ	0.308 ^γ	0.430 ^γ	0.327 ^γ	0.273 ^β
5. IM					1	0.438 ^γ	0.537 ^γ	0.555 ^γ	0.342 ^γ
6. FI						1	0.478 ^γ	0.441 ^γ	0.354 ^γ
7. PM							1	0.556	0.258 ^β
8. GI								1	0.443 ^γ
9. IN									1

Notas: N=140. TP =Toma de Perspectiva, IM =Formación de Imágenes, FI = Flujo de Ideas, PM =Pensamiento Metafórico y Analógico, GI =Generación de Ideas, IN =Incubación; Género codificado como mujer = 1, hombre = 0; Nivel académico codificado como 3º ESO = 0, 4ºESO =1, 1º Bachillerato = 2. ^αp< .05, ^βp< .01, ^γp< .001

Seguidamente se llevó a cabo un análisis de regresión lineal múltiple tomando como variable criterio (dependiente) la detección de errores en los problemas, y como variables predictoras (independientes) todas las que han correlacionado significativamente con la variable criterio: nivel académico, toma de perspectiva, flujo de ideas, pensamiento metafórico y analógico, generación de ideas e incubación. El objetivo de este análisis fue conocer la contribución de cada una de las variables predictoras a la variabilidad de la detección de errores en los problemas. Se empleó el método *backward stepwise*, esto es, paso a paso y hacia atrás. Mediante el modelo de regresión, estadísticamente significativo, $F(1,138) = 284.98$, $p < .001$, se pudo explicar la variable criterio. En la Tabla 3 se recogen los parámetros más importantes del primer paso del análisis de regresión.

Tabla 3. Resumen del primer paso del análisis de regresión múltiple

V. Independiente	R ² ajustada	B	β	p	VIF*
	.670				
Nivel Académico		1.390	.792	<.001	1.186
Toma de Perspectiva		.020	.038	.502	1.352
Flujo de Ideas		.005	.011	.850	1.442
P. Metaf. Analog.		.013	.025	.702	1.813
Generación Ideas		-.006	-.015	.812	1.727
Incubación		.057	.079	.163	1.322

Notas: N=140. *VIF = Variance Inflation Factor

Como se observa en la tabla anterior ninguno de los procesos cognitivos vinculados a la creatividad fueron variables predictoras significativas. De hecho, solo aparece una variable predictora significativa: el nivel académico. Todo el grupo de variables predictoras introducido en el primer paso del análisis explicó el 67% de la varianza, en consecuencia, el 33% remanente tendría que ser predicho por otras variables que no han sido atendidas en el estudio y por la varianza del error. Los factores de

inflación de la varianza (VIF) fueron relativamente altos en algunos procesos cognitivos creativos, lo que evidenció niveles destacables de colinealidad.

Los datos más relevantes del último paso del análisis de regresión se exponen en la Tabla 4. En este último paso (sexto paso) se han eliminado las variables menos influyentes, esto es, todas las variables predictoras no significativas. Solo ha quedado el nivel académico, mostrando su gran influencia en la variabilidad en la detección de los errores.

Tabla 4. Resumen del último paso del análisis de regresión

V. Independiente	R ² ajustada	B	β	p	VIF*
	.671				
Nivel Académico		1.441	.821	<.001	1

Notas: N=140. *VIF = Variance Inflation Factor

Por último, y atendiendo a la circunstancia de que ninguno de los procesos cognitivos contribuyó significativamente a la variabilidad de la detección de errores en problemas resueltos a pesar de que la mayoría de ellos correlacionó de forma significativa con esta última variable, se examinó el presumible papel de mediador del nivel académico entre algunos procesos cognitivos y la detección de errores. La actuación como variable mediadora del nivel académico pudo sospecharse por las correlaciones positivas y significativas entre él y los procesos cognitivos toma de perspectiva, flujo de ideas, pensamiento metafórico y analógico, y generación de ideas (Tabla 2).

La mediación supone una cadena relacional en la cual una variable (independiente) X afecta a una segunda variable M (variable mediadora) que, a su vez, influye sobre una tercera variable (dependiente) Y. Esto podría representarse como:



Figura 1. Cadena relacional en la mediación entre dos variables. Fuente: elaboración propia.

Los caminos a y b se denominan efectos directos. El efecto de X sobre Y a través de M se llama efecto indirecto. Este efecto indirecto representa la parte de la relación entre X e Y mediada por M, y se puede determinar por la diferencia entre el efecto total de X sobre Y (coeficiente de regresión en la regresión simple X vs. Y) y el efecto directo de X sobre Y (coeficiente de regresión parcial en la regresión múltiple de X y M vs. Y). El test de Sobel permite saber si la mediación es estadísticamente significativa. Para aplicar dicho test solo se necesitan los coeficientes de regresión entre X y M (a) y entre M e Y (b) y sus errores estándar (S_a y S_b).

Mediante el test de Sobel se pudo determinar el nivel de significación de los análisis de mediación simples entre cada uno de los cuatros procesos (cada proceso sería la X) y la detección de errores en problemas resueltos (sería la Y), tomando en cada caso como variable mediadora (M) el nivel académico. Los resultados del test se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Resultados de la aplicación del test de Sobel

Variable predictora	Z	p
Toma de Perspectiva	7.973	<.001
Flujo de Ideas	5.998	<.001
Pens. Metafórico y Analógico	8.012	<.001
Generación de Ideas	7.067	<.001

Así pues, de acuerdo con la Tabla 5, la mediación parcial del nivel académico fue estadísticamente significativa en los cuatro procesos cognitivos creativos.

DISCUSIÓN

Atendiendo a las características de los problemas resueltos utilizados en este estudio, las puntuaciones medias obtenidas por el estudiantado en la prueba de detección de errores en problemas no pueden considerarse apropiadas. Como puede verse en la Tabla 1, las puntuaciones medias en 3º de la ESO fluctúan entre los 2.14 (SD = 0.88) y los 2.54 puntos (SD = 0.60); en 4º de la ESO, entre los 3.26 (SD = 1.24) y los 3.54 puntos (SD = 0.94); y entre los 5.16 (SD = 0.64) y los 5.24 puntos (SD = 0.76) en 1º de Bachillerato. Teniendo presente que la puntuación máxima en cada problema es de 3 puntos, esto significa que en 3º de la ESO, en promedio, no alcanzaron a reconocer los errores de forma adecuada ni en un solo problema; en 4º de la ESO, los reconocieron en un solo problema; y en 1º de Bachillerato, casi llegaron a detectar los errores de los dos problemas. No obstante, estas puntuaciones han sido mejores que las reflejadas en el trabajo de Hjarro-Vercher *et al.* (2023) con los mismos problemas y niveles educativos (puntuación media total 2.41, SD =2.2). No se dispone de información que posibilite explicar tales diferencias.

Se ha visto que el género no correlacionó de forma significativa ni con la detección de errores en problemas, ni con ninguno de los procesos cognitivos asociados a la creatividad. El primer caso, que indica que el género no estuvo asociado con la detección de errores, es coincidente con los resultados de Hjarro-Vercher *et al.* (2023) y es coherente con las investigaciones de Hyde *et al.* (2008) y Lindberg *et al.* (2010) en las que se hallaron escasas diferencias en la resolución de problemas en hombres y mujeres en la educación secundaria. El segundo caso, que denota que el género no afectó de forma significativa al uso de determinados procesos cognitivos, está en línea con la inexistencia de diferencias significativas en la utilización de estos procesos entre estudiantes universitarios de diferente género encontrada por Bermejo *et al.* (2014).

Los coeficientes de correlación positivos entre el nivel académico y todos los procesos cognitivos creativos, y que cuatro de ellos que fueron estadísticamente significativos (toma de perspectiva, flujo de ideas, pensamiento metafórico y analógico y generación de ideas), viene a poner de manifiesto un incremento significativo de los procesos cognitivos asociados a la creatividad a medida que se avanza en la educación secundaria. Este hallazgo en nuestro estudio está en consonancia con el aumento de la creatividad científica con el nivel académico encontrado por Hu y Adey (2002) y Dikici *et al.* (2020).

En el análisis de regresión múltiple realizado solo el nivel académico ha aparecido como variable predictora significativa. Dicha variable contribuyó de forma sustantiva a la variabilidad en la detección de errores en problemas resueltos, explicando el 67,1% de la varianza de la detección de errores. Este resultado es totalmente congruente con el obtenido por Hijarro-Vercher *et al.* (2023), si bien estos autores encontraron que el nivel académico explicó un 13,3% de la varianza.

El test de Sobel nos ha permitido averiguar por qué los procesos cognitivos que correlacionaban positiva y significativamente con la detección de errores no han sido variables predictoras significativas en el análisis de regresión. Dicho test ha revelado el papel de mediador del nivel académico entre cuatro de estos procesos cognitivos (precisamente los que correlacionaron de forma significativa con el nivel académico) y la detección de errores en problemas. Es decir, la mayor utilización de cada uno de esos cuatro procesos cognitivos creativos (toma de perspectiva, flujo de ideas, pensamiento metafórico y analógico, y generación de ideas) tuvo un efecto indirecto significativo sobre la detección de errores en problemas resueltos. Este resultado es coherente con la influencia significativa de la creatividad en la detección de errores hallada por Hijarro-Vercher *et al.* (2023). Además, se aportan nuevos argumentos en la defensa de los modelos de resolución de problemas que tengan en consideración los distintos procesos creativos que se pueden ejecutar (Mumford *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

Las conclusiones que a continuación se expondrán solo pueden considerarse válidas en sentido estricto para la muestra que participó y los instrumentos que se utilizaron. Ello se debe a que la muestra tuvo un número de participantes reducido, de tres niveles educativos de los seis posibles, y que no procedió de un muestreo aleatorio. Además, únicamente se emplearon dos problemas y el cuestionario recogió la autopercepción del alumnado, con los consiguientes sesgos y subjetividad.

Atendiendo a los objetivos planteados, las conclusiones que parecen derivarse de los resultados obtenidos en este estudio serían:

- 1) La variable con un mayor efecto sobre la detección de errores en problemas es el nivel académico (es, de hecho, la única variable predictora significativa), esto es, la formación académica del alumnado. Así pues, la formación académica es decisiva en la detección de estos errores.
- 2) Se pone en evidencia un efecto indirecto del uso de cuatro procesos cognitivos (toma de perspectiva, flujo de ideas, pensamiento metafórico y analógico, y generación de ideas) sobre la detección de errores. Todo indicaría que el nivel académico actúa de mediador entre dichos procesos y la detección de errores. En consecuencia, los cuatro procesos cognitivos influyen, a través del nivel académico, en la detección de errores.
- 3) El género no tiene impacto alguno sobre el uso los procesos creativos asociados a la creatividad. El nivel académico, sin embargo, sí influye sobre dicho uso. Tener mayor nivel académico comporta un uso significativamente mayor de los siguientes procesos cognitivos creativos: toma de perspectiva, flujo de ideas, pensamiento metafórico y analógico, y generación de ideas.

APOYOS

Este estudio forma parte del Proyecto PID2021-124333NB-100 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ y por FEDER Una manera de hacer Europa.

Contribución de cada autor:

Adrián Requejo: Tratamiento de datos, investigación, conceptualización, recursos, redacción (original)

Joan J. Solaz-Portolés: Investigación, conceptualización, validación, metodología y redacción (revisión y edición)

Vicente Sanjosé: Análisis formal, validación, metodología, supervisión y redacción (revisión y edición)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldous, C. R. (2005). Creativity in Problem Solving: Uncovering the origin of new ideas. *International Education Journal*, 5(5), 43-56. <https://openjournals.library.sydney.edu.au/IEJ/issue/view/562>
- Basadur, M., & Gelade, G. A. (2005). Modelling applied creativity as a cognitive process: Theoretical foundations. *Korean Journal of Thinking and Problem Solving*, 15(2), 13-41. <https://www.basadur.com/wp-content/uploads/2021/06/2005-Modeling-applied-creativity-as-a-cognitive-process.pdf>
- Bermejo, R., Ferrando, M. M., Sainz, M., Soto, G., & Ruiz, M. J. (2014). Procesos cognitivos de la creatividad en estudiantes universitarios. *Educatio Siglo XXI*, 32(2), 41-58. <https://doi.org/10.6018/j/202151>
- Botella, M., & Lubart, T. (2019). From dynamic processes to a dynamic creative process. En R. A. Beghetto, G. E. Corazza (Eds.), *Dynamic Perspectives on Creativity* (pp 261-278). Springer https://doi.org/10.1007/978-3-319-99163-4_15
- Chen, X., Mitrovic, A., & Mathews, M. (2019). Learning from worked examples, erroneous examples, and problem solving: Toward adaptive selection of learning activities. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(1), 135-149. <https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2896080>
- Dikici, A., Özdemir, G., & Clark, D. B. (2020). The relationship between demographic variables and scientific creativity: mediating and moderating roles of scientific process skills. *Research in Science Education*, 50, 2055-2079. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9763-2>
- Gómez, C. B., Sanjosé, V., & Solaz-Portolés, J. J. (2012). Una revisión de los procesos de transferencia para el aprendizaje y enseñanza de las ciencias. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 26(1), 199-227. <https://doi.org/10.7203/DCES.26.1934>
- Hayes, A. F. (2013). *Introduction to mediation, moderation and conditional process analysis. A regression based approach*. The Guilford Press.
- Hélie, S., & Sun, R. (2010). Incubation, insight, and creative problem solving: a unified theory and a connectionist model. *Psychological Review*, 117(3), 994-1024. <https://doi.org/10.1037/a0019532>

- Hijarro-Vercher, A., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé, V. (2023). Creatividad, metacognición y autoeficacia en la detección de errores en problemas resueltos. *Revista Fuentes*, 25(3), 256-266. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2023.23050>
- Hu, W., & Adey, P. (2002). A scientific creativity test for secondary school students. *International Journal of Science Education*, 24(4), 389-403. <https://doi.org/10.1080/09500690110098912>
- Hyde, J. S., Lindberg, S. M., Linn, M. C., Ellis, A. B., & Williams, C. C. (2008). Gender similarities characterize math performance. *Science*, 321(5888), 494-495. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1160364>
- Lindberg, S. M., Hyde, J. S., Petersen, J. L., & Linn, M. C. (2010). New trends in gender and mathematics performance: a meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 136(6), 1123. <https://doi.org/10.1037/a0021276>
- Loibl, K. & Leuders, T. (2019). How to make failure productive: Fostering learning from errors through elaboration prompts. *Learning and Instruction*, 62, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.03.002>
- Miller, A. L. (2014). A self-report measure of cognitive processes associated with creativity. *Creativity Research Journal*, 26(2), 203-218. <https://doi.org/10.1080/10400419.2014.901088>
- Mumford, M. D., Medeiros, K. E., & Partlow, P. J. (2012). Creative thinking: Processes, strategies, and knowledge. *The Journal of Creative Behavior*, 46(1), 30-47. <https://doi.org/10.1002/jocb.003>
- Muñoz, J. J. F., & González, J. M. G. (2017). El análisis de mediación a través de la macro/interfaz Process para SPSS. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 10(2), 79-88. <https://doi.org/10.1344/reire2017.10.218109>
- O'Neill, S., & Shallcross, D. (1994). Sensational thinking a teaching/learning model for creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 28(2), 75-88. <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.1994.tb00722.x>
- Renkl, A. (2017). Learning from worked-examples in mathematics: students relate procedures to principles. *ZDM*, 49(4), 571-584. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0859-3>
- Sadler-Smith, E. (2015). Wallas' four-stage model of the creative process: More than meets the eye? *Creativity Research Journal*, 27(4), 342-352. <https://doi.org/10.1080/10400419.2015.1087277>
- Sobel, M. E. (1982). Asymptotic intervals for indirect effects in structural equations models. *Sociological Methodology*, 13, 290-312. <https://doi.org/10.2307/270723>
- Wang, Y., & Chiew, V. (2010). On the cognitive process of human problem solving. *Cognitive Systems Research*, 11(1), 81-92. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2008.08.003>
- Woolley, J. S., Deal, A. M., Green, J., Hathenbruck, F., Kurtz, S. A., Park, T. K. H., Pollock, S. V. S., Transtrum, M. B., & Jensen, J. L. (2018). Undergraduate students demonstrate common false scientific reasoning strategies. *Thinking Skills and Creativity*, 27, 101-113. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2017.12.004>
- Yeh, Y. C., & Wu, J. J. (2006). The cognitive processes of pupils' technological creativity. *Creativity Research Journal*, 18(2), 213-227. To link to this article: https://doi.org/10.1207/s15326934crj1802_7

- Zamora, Á., Suárez, J. M., & Ardura, D. (2018). Error detection and self-assessment as mechanisms to promote self-regulation of learning among secondary education students. *The Journal of Educational Research*, 111(2), 175-185. <https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1225657>
- Zhao, H., & Acosta-Tello, E. (2016). The impact of erroneous examples on students' learning of equation solving. *Journal of Mathematics Education*, 9(1), 57-68. https://educationforatoz.com/images/Hong_Zhao_2016.pdf