



Páginas: 256-266
Recibido: 2023-01-24
Revisado: 2023-02-15
Aceptado: 2023-06-29
Preprint: 2023-07-31
Publicación Final: 2023-09-01

www.revistascientificas.us.es/index.php/fuentes/index

DOI: <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2023.23050>

Creatividad, metacognición y autoeficacia en la detección de errores en problemas resueltos

Creativity, metacognition, and self-efficacy in error detection in worked-out problem examples

  **Alexandre Hijarro-Vercher**
Universidad de València (España)

  **Joan Josep Solaz-Portolés**
Universidad de València (España)

  **Vicente Sanjosé López**
Universidad de València (España)

Resumen

La utilización de problemas verbales totalmente resueltos es práctica habitual en las aulas de ciencias de la educación secundaria. Dada la escasez de estudios sobre la detección de errores en problemas resueltos de ciencias, los objetivos de esta investigación se centraron en la habilidad de detectar errores en problemas resueltos y en los efectos sobre esta habilidad de la creatividad científica, las destrezas metacognitivas, la autoeficacia en el aprendizaje las ciencias, el nivel académico y el género. Para ello, se llevó a cabo una investigación cuantitativa *ex post facto* de carácter transversal. Participaron 139 estudiantes (74 mujeres y 65 hombres) de 3º y 4º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) , y 1º de Bachillerato (14-17 años). A todos ellos se les administró un cuestionario sobre destrezas metacognitivas y autoeficacia, otro cuestionario sobre creatividad científica, y una prueba de detección de errores en dos problemas verbales resueltos. Los análisis de correlaciones, de regresión múltiple y de mediación sugieren que: a) la capacidad de detección de errores fue baja en general; b) las variables que más influyeron en la variabilidad en la detección de errores en los problemas fueron el nivel académico, la autoeficacia y la creatividad científica; y c) la autoeficacia ejerció un papel de mediadora entre las destrezas metacognitivas y la detección de errores, lo que evidenció el efecto indirecto de las destrezas metacognitivas sobre la detección de errores en los problemas.

Abstract

The use of word problem worked-out examples is a common practice in secondary school science classrooms. Given the paucity of studies on ability to detect errors in worked-out science problem examples, the goals of this research focused on this ability and the effects of scientific creativity, metacognitive skills, science learning self-efficacy, grade level, and gender on it. A quantitative *ex post facto* cross-sectional research was conducted. A total of 139 students (74 girls and 65 boys) from three different grades of Spanish secondary education (9th, 10th, and 11th grades, between 14 and 17 years old) participated. An error detection task in two worked-out problem examples with embedded errors, a questionnaire on metacognitive skills and science learning self-efficacy, and a questionnaire on scientific creativity, were administered to participants. Correlation, multiple regression, and mediation analyses suggest that: a) error detection ability was low overall; b) the variables that most influenced error detection in worked-out problem examples were grade level, science learning self-efficacy, and scientific creativity; and c) self-efficacy played the role of mediator between metacognitive skills and error detection, which showed the indirect effect of metacognitive skills on error detection in worked-out problem examples.

Palabras clave / Keywords

Resolución de problemas, Creatividad, Motivación, Estudiantes de educación secundaria, Cognición.
Problem solving, Creativity, Motivation, Secondary school students, Cognition.

1. Introducción

La resolución de problemas es una competencia específica y, a su vez, una actividad de aprendizaje y de evaluación en el currículum de la educación secundaria. En las aulas de ciencias y matemáticas se suelen plantear situaciones problemáticas (problemas verbales) y se instruye al alumnado usando problemas-modelo resueltos como ejemplo. Se espera que estos ejemplos resueltos faciliten la codificación y abstracción de esquemas de resolución en el alumnado (Van Gog et al., 2011). Las personas estudiantes deben saber aplicar esos esquemas de resolución a nuevos problemas, mediante transferencia analógica (Gómez et al., 2012). Existen investigaciones, como la de Renkl (2014), que corroboran la eficiencia del aprendizaje de habilidades cognitivas a partir de ejemplos. Renkl (2017) señala y justifica los posibles beneficios de la utilización de problemas resueltos en el aprendizaje de resolución de problemas. Normalmente en las aulas de ciencias y matemáticas se suelen plantear situaciones problemáticas donde se ven implicadas diversos tipos de entidades (problemas verbales) y se espera que, a partir de problemas-modelo resueltos, el estudiantado pueda resolver por transferencia analógica (Gómez et al., 2012). En la educación secundaria se resuelven problemas verbales en los distintos cursos y asignaturas, lo que suele facilitar la asimilación de conocimientos y estrategias de resolución de problemas.

Cuando se estudia un ejemplo resuelto, el conocimiento previo que el estudiante debe activar, y las transformaciones matemáticas necesarias para llegar a la solución, ya son explícitos. Sin embargo, el estudiante debe asegurarse de que realmente comprende la conexión entre el enunciado y el procedimiento resolutivo. Esta conexión involucra al menos dos procesos importantes: la traducción matemática del enunciado, y la interpretación del resultado numérico obtenido. Dicho de otro modo, el o la estudiante debe controlar su comprensión de la traducción matemática y de la interpretación que hace del resultado y, en su caso, detectar obstáculos de comprensión e iniciar acciones para obtener la ayuda necesaria para solventarlos. Esto implica a la destreza de control metacognitivo de la comprensión (*monitoring*) del estudiante (Cottini et al., 2021). Esta destreza tiene gran influencia en el éxito académico en general (Guo, 2020), y en matemáticas (Baliram & Ellis, 2019; Muncer et al., 2022) y ciencias (Rozenchwajg, 2003) en particular. Si el estudiante no determina obstáculos de comprensión, y no los da a conocer al profesor, éste último no podrá ayudarlo a tiempo. En cualquier caso, el interés del presente estudio se centra en conocer la capacidad de detección de errores en problemas resueltos, así como la influencia sobre dicha capacidad de determinadas variables de relevancia educativa.

1.1. El presente trabajo

Dada la importancia del control de la propia comprensión en el aprendizaje de resolución de problemas en matemáticas y ciencias, este estudio se centra en evaluar dicha destreza y en estimar la influencia de diversos factores sobre su desarrollo. Uno de los métodos más usados para evaluar el control de la comprensión, conocido como 'Paradigma de la Detección de Errores' (Winograd & Johnston, 1982), es insertar deliberadamente errores en el desarrollo de diversas tareas y estudiar si el alumnado es capaz de detectarlos y señalarlos correctamente. Este es el método usado en el presente trabajo para obtener una evaluación objetiva de la destreza de control de la propia comprensión durante el estudio de problemas resueltos. En estudios previos con distintas tareas se ha comprobado que el nivel de las destrezas metacognitivas en la educación secundaria es bajo (Fauzi & Saã, 2019; Sanjosé et al., 2010), pero mejora a medida que se avanza en la educación secundaria (Van der Stel et al., 2010).

La inclusión de errores en problemas resueltos puede ser una estrategia didáctica útil en la mejora de los procesos de aprendizaje de resolución de problemas (Loibl & Leuders, 2019). De hecho, ejemplos de problemas resueltos erróneamente se han utilizado con éxito para mejorar las destrezas de los estudiantes en resolución de problemas (Chen et al., 2019; Zhao & Acosta-Tello, 2016). Sin embargo, hay pocas investigaciones que analicen los factores que pueden tener influencia sobre la detección de errores en problemas resueltos. Seguidamente, se abordarán otros factores que, además de las destrezas metacognitivas, pueden afectar a la resolución de problemas y que, potencialmente, también podrían tener efectos sobre la detección de errores en problemas resueltos.

Comenzaremos por la motivación. La motivación es un constructo complejo que influye en el resultado de diversas tareas, en particular, la resolución de problemas (Solaz-Portolés et al., 2011). Linnenbrink y Pintrich (2002) defienden que la motivación de los estudiantes es un constructo multifacético con cuatro componentes básicos: la autoeficacia académica, las atribuciones, la motivación intrínseca y los objetivos de rendimiento. La autoeficacia es el componente sobre el que se han centrado la mayoría de las investigaciones en didáctica

de las ciencias y las matemáticas. La autoeficacia hace referencia a un conjunto de creencias sobre la competencia de una persona para plantear y llevar a cabo una determinada acción (Nietfeld et al., 2005). Las creencias del estudiantado sobre autoeficacia tienen un fuerte impacto sobre su rendimiento académico (Linnenbrink & Pintrich, 2002; Usher & Pajares, 2006). De hecho, se ha constatado que el nivel de autoeficacia mostrado por el estudiantado afecta a su rendimiento en la resolución de problemas (Lodewyk & Winne, 2005; Zheng et al., 2009; Özcan & Gümüş, 2019; Pajares & Miller, 1994).

Otro factor es la creatividad. La resolución de problemas es, por definición, una actividad creativa. Sin embargo, se han hecho pocas investigaciones sobre los vínculos existentes entre el desempeño en la resolución de problemas y medidas de creatividad. No resulta fácil encontrar una definición consensuada para el concepto de creatividad. Sin embargo, en lo que sí existe consenso es en la importancia de la creatividad en el logro de avances científicos y en el desarrollo de sistemas educativos de alta calidad (Dane et al., 2011). Para Runco (2004) y Plucker et al. (2004) la creatividad desempeña un papel esencial en la resolución de problemas. Chamberlin y Moon (2005) consideran a la creatividad como una capacidad para generar soluciones novedosas y útiles a problemas simulados o reales aplicados mediante el uso de modelos. Uno de los pocos estudios empíricos donde se evidencia el efecto significativo de la creatividad en la resolución de problemas es el de Casakin et al. (2010). Por otra parte, también se ha comprobado que la resolución de problemas puede convertirse en una actividad idónea para desarrollar la creatividad (Dane et al., 2011). Así pues, parece vislumbrarse una interacción entre resolución de problemas y creatividad.

En la actualidad los investigadores distinguen entre creatividad de dominio general y de dominio específico, si bien ambas guardan relación entre sí (Hong & Milgram, 2010). La creatividad científica sería un caso de creatividad de dominio específico. Al igual que ocurre con el concepto de creatividad resulta muy difícil definir qué se entiende por creatividad científica. No obstante, de acuerdo con Kind y Kind (2007) la creatividad científica en un contexto escolar debería basarse en lo que hacen los científicos, esto es, en los aspectos creativos de los procesos de indagación científica. No obstante, parece existir un gran consenso sobre el hecho de que la creatividad científica se fundamenta en conocimientos científicos y destrezas específicas (Hu et al., 2013). Los esfuerzos de los investigadores se han centrado principalmente en los efectos de la resolución de problemas sobre la creatividad científica (Bi et al., 2020).

Atendiendo a los muchos estudios que aparecen en la literatura, dos factores que podrían tener relevancia en la resolución de problemas son la formación académica y el género. De hecho, el nivel académico de estudiantes de secundaria y el itinerario académico cursado influyen significativamente en el éxito en la resolución de problemas (Alabau et al., 2020; García et al., 2015) y, por tanto, se podría inferir que también en el análisis de problemas resueltos. Por otra parte, en relación con el género del alumnado, los metaanálisis de Hyde, et al., (2008) y de Lindberg et al., (2010) revelan que las mujeres y los hombres suelen tener un rendimiento muy parecido en la resolución de problemas.

Según lo anteriormente indicado, las destrezas metacognitivas, la autoeficacia, la creatividad y el nivel académico tienen un importante impacto sobre la resolución de problemas. Esto, junto con la constatada utilización didáctica de problemas resueltos en las aulas justifican que el presente estudio pretenda conocer la habilidad del estudiantado de educación secundaria para detectar errores en problemas resueltos, y los efectos del género, nivel (curso) académico, creatividad científica, destrezas metacognitivas (autopercebidas) y autoeficacia sobre dicha habilidad.

2. Metodología

2.1. Diseño de la investigación

Se utilizó una metodología cuantitativa. Concretamente, se utilizó 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 la creatividad científica, la autopercepción de poseer destrezas metacognitivas, la autoeficacia en el aprendizaje de las ciencias, el nivel académico y el género. Los datos se recogieron en los cuatro primeros meses del curso académico 2021-2022.

2.2. Participantes

Participaron voluntariamente 139 estudiantes (74 mujeres y 65 hombres) de varios cursos de educación secundaria de un centro público de una localidad de la provincia de Valencia (España). De ellos, 55 eran de

3º de ESO, 29 de 4º de ESO, y 55 de 1º de Bachillerato. Sus edades oscilaban entre los 14 y los 17 años. El alumnado de 4º de ESO y de 1º de Bachillerato cursaba un itinerario científico-tecnológico.

No se realizó un muestreo probabilístico, esto es, se trató de una muestra de conveniencia. Los participantes fueron seleccionados por su fácil accesibilidad. Se tomaron grupos intactos del centro. No hubo evidencias que hicieran suponer que las características del alumnado participante difirieran de las de otros centros educativos de la provincia de Valencia. Además, no todo el profesorado del centro estuvo dispuesto a participar en el estudio, lo que puso límites al número de estudiantes participantes.

2.2. Instrumentos

Para determinar la destreza de detección de errores en problemas resueltos se elaboró una prueba con dos problemas verbales, que se tomaron del estudio de Woolley et al. (2018) y fueron adaptados al contexto español. Los problemas son los siguientes:

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
 $75: 52 = 1.44 \text{ h}$

El tiempo que tardarás tú será

$$1.44 \text{ h} - 0.5 \text{ h} = 0.94 \text{ h}$$

La velocidad a la que tienes que ir la obtendremos

$$75 \text{ Km} \times 0.94 \text{ h} = 70.5 \text{ Km/h}$$

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

$$2\text{g} \times 700/100 = 14 \text{ g}$$

Los contenidos conceptuales y procedimentales implicados en la resolución correcta de los problemas eran conocidos por todo el alumnado participante. La tarea consistió en indicar si había errores y, en su caso, señalarlos y explicarlos por escrito. El producto de la tarea se calificó entre 0 y 3 para cada problema (0: ausencia de detección del error; 1: detección del error pero no lo señala; 2: detección del error, lo señala pero no lo explica o no lo hace correctamente; 3: detección correcta y completa, perfectamente explicada).

La creatividad científica se evaluó mediante el cuestionario *Creative Scientific Problem Finding* (Chen et al., 2014; Hu et al., 2010). Este cuestionario contiene dos preguntas. En una se pide a los alumnos que generen preguntas científicas basadas en sus experiencias y observaciones de la vida cotidiana. La otra pide que generen todas las preguntas científicas posibles relacionadas con una imagen de un astronauta en la Luna. La puntuación del cuestionario se obtuvo de acuerdo con la rúbrica creada por los autores del cuestionario. Se puntúa: a) Fluidez (número de preguntas formuladas); b) Flexibilidad (número de categorías distintas en las que se clasifican las preguntas); y c) Originalidad (se atiende a la frecuencia de cada pregunta en el total de la muestra, de modo que con una frecuencia menor al 5% se le asigna un valor de 2 puntos, si la respuesta se encuentra entre 5-10% el valor será de 1 punto, y 0 puntos si la frecuencia es mayor del 10%). La puntuación de cada estudiante es la suma de a), b) y c).

La autopercepción de destrezas metacognitivas y la autoeficacia se evaluaron con una versión reducida del *Efficacy and Metacognition Learning Inventory-Science* (Thomas et al., 2008) que consta de 23 ítems. Los 7 ítems de la dimensión de Conectividad Constructivista fueron eliminados de la versión original. El cuestionario resultante utiliza una escala Likert de cinco puntos (1 = nunca o casi nunca; 2 = a veces; 3 = aproximadamente la mitad de las veces; 4 = frecuentemente; 5 = siempre o casi siempre) en la que se pide a los estudiantes que informen sobre su propia habilidad para desarrollar procesos metacognitivos durante ciertas tareas, y sobre su autoeficacia como estudiantes de ciencias.

2.3. Procedimiento

Los instrumentos se administraron en formato papel y redactados en valenciano-catalán, en dos sesiones de clase ordinarias. En la primera, se realizó la prueba de detección de errores en problemas resueltos, y en la segunda sesión se cumplimentó el cuestionario de creatividad científica y el cuestionario de autoeficacia y auto percepción de metacognición. La primera sesión duró aproximadamente 35 minutos, y la segunda 50-55 minutos.

Dos evaluadores obtuvieron de forma independiente las puntuaciones de 30 estudiantes para la prueba de detección de errores y para el cuestionario de creatividad. Los coeficientes de correlación producto-momento de Pearson entre los conjuntos de puntuaciones de ambos evaluadores fueron de .82 y .88 para la primera, y de .79 y .81 para la creatividad científica. Por tanto, se consideró que el procedimiento de puntuación era suficientemente objetivo.

Los datos obtenidos de todos los instrumentos fueron recogidos en una tabla de Excel, y posteriormente procesados mediante el paquete estadístico SPSS versión 24.0. Las dimensiones del cuestionario de auto percepción de metacognición y autoeficacia en el aprendizaje de las ciencias alcanzaron una fiabilidad, dada por el alfa de Cronbach, de .91 y .88 respectivamente.

En los análisis de posibles variables mediadoras entre predictores y criterios (Baron & Kenny, 1986), se siguió el procedimiento de Hayes (2013). El test de Sobel (1982) se utilizó para determinar la significatividad de los efectos de mediación.

3. Resultados

Las puntuaciones medias en cada una de variables medidas con los distintos instrumentos, y sus desviaciones típicas, según el curso académico y género se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1
Estadística descriptiva de las variables en el estudio

Variable	N. Académico	Género	M	SD
Creatividad Científica (sin punt. máxima)	3º ESO	Hombre	18.89	11.58
		Mujer	25.11	10.10
	4º ESO	Hombre	25.33	6.89
		Mujer	23.12	11.79
1º BAC	Hombre	22.35	15.59	
	Mujer	20.66	10.92	
Destrezas Metacognitivas (punt. máxima 85)	3º ESO	Hombre	52.78	12.03
		Mujer	60.21	12.18
	4º ESO	Hombre	65.17	9.83
		Mujer	67.12	14.66
1º BAC	Hombre	57.15	9.35	
	Mujer	61.79	8.80	
Autoeficacia (punt. máxima 30)	3º ESO	Hombre	19.33	5.22
		Mujer	20.11	6.05
	4º ESO	Hombre	23.83	3.64
		Mujer	19.65	4.64
1º BAC	Hombre	21.42	6.37	
	Mujer	20.31	5.90	
Detección Errores en Problemas (punt. máxima 6)	3º ESO	Hombre	1.41	1.53
		Mujer	1.21	1.07
	4º ESO	Hombre	1.75	1.48
		Mujer	1.24	1.56
	1º BAC	Hombre	2.73	1.93
		Mujer	2.79	1.92

Se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a las puntuaciones de la prueba de detección de errores en los problemas y en el cuestionario de destrezas metacognitivas y autoeficacia en cada nivel académico, que permitió rechazar la hipótesis nula en todos los casos ($p > .05$). Así pues, puede considerarse que las puntuaciones en cada nivel académico siguieron distribuciones normales

La Tabla 2 recoge la matriz de coeficientes de correlación. Se observa que la única variable que no correlaciona significativamente con la detección de errores en los problemas es el género. El resto de las variables correlacionan positiva y significativamente.

Tabla 2

Coefficientes de correlación producto-momento de Pearson entre variables

	Detección E.	Creatividad C.	D. Metacognitivas	Autoeficacia	N. Académico	Género
Detección E.	1	0.187*	0.187*	0.356***	0.373***	-0.047
Creatividad C.		1	0.188*	0.162	-0.023	0.061
D. Metacog.			1	0.402***	0.114	0.236**
Autoeficacia				1	0.088	-0.082
N. Académico					1	0.016

Notas: N=139. Género codificado como mujer = 1, hombre = 0. Nivel académico codificado como 3º ESO = 0, 4º ESO = 1, 1º Bachillerato = 2. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$

Con la finalidad de analizar si la variabilidad en la detección de errores en problemas resueltos puede ser predicha a partir de las variables que correlacionan de forma significativa con ella, se efectuó un análisis de regresión lineal múltiple. Se tomó como variable dependiente, o criterio, la detección de errores en los problemas, y como variables independientes, o predictores, la creatividad científica, la autopercepción de destrezas metacognitivas, la autoeficacia y el nivel académico. El modelo de regresión resultó estadísticamente significativo para explicar la variable dependiente o criterio, ($F(4,136) = 22.00$, $p < .001$). La Tabla 3 recoge los datos más importantes del análisis de regresión múltiple realizado.

Tabla 3

Resumen del análisis de regresión para las variables predictoras de la detección de errores en problemas

V. Independiente	R ² ajustada	B	β	p	VIF*
	0.244				
Creatividad C.		.022	.150	.052	1.058
D. Metacognitivas		-.004	-.022	.791	1.274
Autoeficacia		.096	.311	<.001	1.238
N. académico		.686	.352	<.001	1.020

Notas: N=139. *VIF = Variance Inflation Factor

El conjunto de las variables predictoras predijo el 24.4% de la varianza. El 75.6% restante debería ser explicado por otras variables no contempladas en este estudio y por la varianza del error. La autopercepción de las destrezas metacognitivas no fue una variable predictora significativa, y la creatividad científica se quedó en el límite de la significación. Los coeficientes β (coeficientes de regresión estandarizados) de nivel académico y autoeficacia fueron similares, $\beta = .352$ y $\beta = .311$ respectivamente. También aparecen en la Tabla 3 los factores de inflación de la varianza (VIF), que permiten estimar el nivel de multicolinealidad entre los predictores del modelo de regresión. En general, los niveles de colinealidad pueden considerarse bajos según los factores de inflación de la varianza (VIF), si bien los de destrezas metacognitivas y autoeficacia son un poco más altos por la correlación entre ambas variables (Tabla 2).

Atendiendo a los resultados obtenidos y al objeto de determinar la contribución singular y única de cada predictor a la varianza del criterio, se llevó a cabo una regresión con el método paso a paso hacia adelante (*forward stepwise*). El orden en el que se aceptaron los predictores fue: 1) nivel académico, 2) autoeficacia y 3) creatividad científica. En la Tabla 4 se recogen los resultados más destacados.

Tabla 4

Resumen del análisis de regresión forward stepwise para las variables predictoras de la detección de errores en problemas

Paso	V. Independiente	R ² ajustada	ΔR ²	B	β	p	VIF*
1		.133	.133				
	N. Académico			.727	.373	<.001	1.000
2		.233	.100				
	N. Académico			.671	.344	<.001	1.008
	Autoeficacia			.101	.326	<.001	1.008
3		.249	.016				
	N. Académico			.682	.349	<.001	1.009
	Autoeficacia			.093	.302	<.001	1.036
	Creatividad C.			.022	.146	.053	1.028

Notas: N=139. *VIF = Variance Inflation Factor

La variable nivel académico dio cuenta del 13.3% de la varianza de detección de errores en problemas resueltos. La introducción de la autoeficacia explicó 10 puntos porcentuales adicionales y, finalmente, la creatividad científica incrementó en 1.6 puntos porcentuales la predicción de la detección de dichos errores, hasta el total de 24.9%.

Por último, se decidió investigar por qué la autopercepción de destrezas metacognitivas, que correlaciona positiva y significativamente con la detección de errores en problemas, no aparece como predictor significativo (o al menos en el límite de la significación) en el análisis de regresión. Dada la correlación elevada entre la autopercepción de destrezas metacognitivas y la autoeficacia, esta última variable predictoras significativa en el modelo de regresión, se consideró la posibilidad de examinar el papel de la autoeficacia como mediadora de la influencia de la autopercepción de destrezas metacognitivas sobre la detección de errores en problemas. Para ello, se llevó a cabo un análisis de mediación. A partir del análisis de regresión simple, se determinó que el efecto total de la variable autopercepción de destrezas metacognitivas sobre la detección de errores fue significativo ($B = .030$, $p < .05$). El efecto directo se evaluó a partir del análisis de regresión de destrezas metacognitivas y la autoeficacia sobre detección de errores en problemas, y no fue significativo ($B = .007$, $p = .639$). El efecto indirecto sí resultó ser significativo ($B = .023$, $p < .05$). El test de Sobel corroboró que la mediación parcial de la autoeficacia fue estadísticamente significativa ($z = 3.448$, $p < .001$).

Tabla 5

Pasos que esquematizan el análisis de mediación efectuado

Paso	Tipo Regresión	V. Independientes vs. V. Dependiente	Coef. Regresión no est.
1	Simple	D. Metacognitivas vs. Det. Errores en problemas	B = .030 (Efecto Total)
2*	Simple	D. Metacognitivas vs Autoeficacia	B = .222
3*	Simple	Autoeficacia vs Det. Errores en problemas	B = .105
4	Múltiple	D. Metacognitivas + Autoeficacia vs Det. Errores	B = .007 (Efecto Directo)
5		B (Efecto indirecto) = B (Efecto Total) – B (Efecto Directo) = .023	

Notas: Los pasos 2* y 3* son necesarios para la aplicación del test de Sobel.

4. Discusión

Las puntuaciones en la detección de los errores en los problemas resueltos que se observan en la Tabla 1, que van desde 1.41 a los 2.79 puntos, pueden considerarse bajas. Es decir, el alumnado de secundaria se ha mostrado con baja capacidad para apreciar que en el proceso de resolución de problema que se les presentó podía haber pasos que tuvieran algún error. Esto viene a reflejar el bajo nivel de control metacognitivo de este alumnado que ya se ha encontrado repetidamente en estudios anteriores en tareas de resolución de problemas (Sanjosé et al., 2022), pero también en tareas de respuesta a preguntas sobre textos de ciencias (Sanjosé et al., 2010) y sobre detección de contradicciones en textos (Otero et al., 1992).

En relación con el género, el prácticamente nulo coeficiente de correlación con la detección de errores que aparece en la Tabla 2, sugiere que éste no está asociado con la detección de errores en los problemas resueltos. Este resultado es coherente con los resultados de Hyde et al. (2008) y Lindberg et al. (2010).

También resulta muy interesante la elevada correlación hallada entre la autopercepción de poseer destrezas metacognitivas y la autoeficacia, que parece sugerir que las personas estudiantes que perciben tener buenas estrategias metacognitivas también creen en su aptitud para aprender ciencias exitosamente. De hecho, en el trabajo de Sadi y Uyar (2013) se puso de relieve esta relación en un análisis mediante un modelo de ecuaciones estructurales donde intervenían las estrategias metacognitivas, la autoeficacia y el rendimiento en biología.

En cuanto a los efectos de las variables independientes sobre la variable dependiente, a partir la matriz de correlaciones y de los análisis de regresión lineal múltiple realizados podría decirse que las únicas variables que predicen significativamente la variabilidad en la detección de errores en problemas resueltos son el nivel académico, la autoeficacia y la creatividad científica. Estos efectos significativos son congruentes con los obtenidos por Alabau et al. (2020) y García et al. (2015) en el caso del nivel académico; por Zheng et al. (2009) y Özcan y Gümüş (2019) en el de la autoeficacia; y por Casakin et al. (2010) en el de la creatividad. En todos estos trabajos se comprobó el efecto significativo de las correspondientes variables sobre el rendimiento en la resolución de problemas. A partir de los coeficientes de regresión estandarizados β y de *forward stepwise regression* se confirmó que el nivel académico y la autoeficacia son las variables que más contribuyen a la variabilidad en la detección de errores en problemas resueltos, y la creatividad científica la variable que menos lo hace. Así pues, la mejor detección de estos errores estuvo relacionada con: la formación académica, esto es, mayores conocimientos y estrategias; la autopercepción de que se tiene capacidad suficiente para afrontar los aprendizajes de las ciencias, es decir, una percepción de autoeficacia elevada; y, en menor medida, competencia para desarrollar ideas originales en ciencias y en diferentes contextos, a saber, alta creatividad científica.

El análisis de mediación llevado a cabo, fruto del imprevisto resultado de la metacognición en el análisis de regresión múltiple y de la asociación hallada entre metacognición y autoeficacia, mostró que la variable autoeficacia actuó de mediadora entre la metacognición y la detección de errores en problemas. Así, de hecho, el efecto indirecto de la metacognición sobre la detección de errores en problemas resultó ser significativo, lo que implica que no aparece como variable predictora en el análisis de regresión porque la autoeficacia apantalla sus efectos. No es de extrañar este hallazgo, ya que en la investigación de Yerdelen-Damar y Peşman (2013) la autoeficacia ejerció el papel de mediadora entre la metacognición y el rendimiento en física.

5. Conclusiones

La primera conclusión que se deriva de la investigación se centra en la capacidad del estudiantado de educación secundaria de detectar errores en problemas de ciencias. Los resultados obtenidos sugieren que el alumnado de educación secundaria procesa la información de un problema resuelto de forma superficial y sin un adecuado control, lo que les impide en la mayoría de los casos detectar de forma adecuada los errores. Así pues, debería considerarse el modo en que puede desarrollarse esta destreza en la instrucción.

La segunda conclusión está vinculada al impacto de las variables puestas en juego en el estudio sobre la detección de errores en los problemas. Parece que las únicas variables que predicen la variabilidad de la detección de errores en problemas son el nivel académico, la autoeficacia y la creatividad científica, siendo las dos primeras las que más contribuyen a dicha variabilidad.

La tercera conclusión está referida al efecto indirecto de la autopercepción de metacognición (medida subjetiva) sobre la detección de errores (medida objetiva). Los análisis efectuados indicarían que la percepción de la propia autoeficacia actúa de mediadora entre la autopercepción de poseer destrezas metacognitivas, una variable subjetiva, y la detección de errores en problemas, una variable objetiva de tipo metacognitivo. Así pues, la autopercepción de metacognición también influiría, a través de la autoeficacia, en la detección de errores.

Las implicaciones para los procesos de enseñanza y aprendizaje de resolución de problemas en ciencias y matemáticas apuntarían hacia la necesidad de llevar a cabo actividades en el aula en las que: a) se ponga el acento en el control de la comprensión de los problemas y sus diferentes pasos en la resolución; b) se pueda incrementar la percepción de autoeficacia en las diferentes tareas que se ejecutan en aula; y c) se desarrolle la creatividad científica, principalmente a través del pensamiento divergente y la indagación científica.

5.1. Limitaciones

Las limitaciones del presente trabajo se refieren tanto a la muestra como a los instrumentos que se han empleado. La muestra ha sido pequeña y no procedió de un muestreo aleatorio. Además, solo ha participado alumnado de tres niveles educativos de la educación secundaria. Por lo que respecta a los instrumentos, el de detección de errores en problemas resueltos estuvo restringido a dos problemas; y el cuestionario de destrezas metacognitivas y autoeficacia se basó en la autopercepción del estudiantado, por lo que los resultados pueden verse afectados por sesgos personales y subjetividad. Por todas estas limitaciones, las conclusiones no son de validez general, y no pueden extrapolarse.

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

Referencias

- Alabau, J., Solaz-Portolés, J. J., & Sanjosé, V. (2020) Relación entre creencias sobre resolución de problemas, creencias epistemológicas, nivel académico, sexo y desempeño en resolución de problemas: un estudio en educación secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(1), 1102. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i1.1102
- Baliram, N., & Ellis, A. K. (2019). The impact of metacognitive practice and teacher feedback on academic achievement in mathematics. *School Science and Mathematics*, 119(2), 94-104. <https://doi.org/10.1111/ssm.12317>
- Baron, R. M., y Kenny, D. A. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51, 1173-1182. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.51.6.1173>
- Bi, H., Mi, S., Lu, S., & Hu, X. (2020). Meta-analysis of interventions and their effectiveness in students' scientific creativity. *Thinking Skills and Creativity*, 38, 100750. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100750>
- Casakin, H., Davidovitch, N., & Milgram, R. M. (2010). Creative thinking as a predictor of creative problem solving in architectural design students. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 4(1), 31. <https://doi.org/10.1037/a0016965>
- Chamberlin, S. A., & Moon, S. M. (2005). Model eliciting activities as a tool to develop and identify creatively gifted mathematicians. *The Journal of Secondary Gifted Education*, 17(1), 37-47. <https://doi.org/10.4219/jsge-2005-393>
- Chen, B., Hu, W., y Plucker, J. A. (2014). The Effect of Mood on Problem Finding in Scientific Creativity. *The Journal of Creative Behavior*, 50(4), 308-320. <https://doi.org/10.1002/jocb.79>
- 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>
- Cottini, M., Basso, D., Pieri, A., & Palladino, P. (2021). Metacognitive Monitoring and Control in Children's Prospective Memory. *Journal of Cognition and Development*, 22(4), 619-639. <https://doi.org/10.1080/15248372.2021.1916500>
- Dane, E., Baer, M., Pratt, M. G., & Oldham, G. R. (2011). Rational versus intuitive problem solving: How thinking "off the beaten path" can stimulate creativity. *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 5(1), 3. <https://doi.org/10.1037/a0017698>
- Fauzi, A., & Saã, W. (2019). Students' Metacognitive Skills from the Viewpoint of Answering Biological Questions: Is It Already Good? *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(3), 317-327. <https://doi.org/10.15294/jpii.v8i3.19457>
- García, P., Sanjosé, V., & Solaz-Portolés, J. J. (2015). Efectos de las características del problema, captación de su estructura y uso de analogías sobre el éxito de los estudiantes de secundaria en la resolución de problemas. *Teoría de la Educación*, 27(2), 221-244. <http://dx.doi.org/10.14201/teoredu2015272221244>
- 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>
- Guo, L. (2022). The effects of self-monitoring on strategy use and academic performance: A meta-analysis. *International Journal of Educational Research*, 112, 101939. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2022.101939>
- Hayes, A. F. (2013). *Introduction to mediation, moderation and conditional process analysis. A regression based approach*. The Guilford Press.
- Hong, E., & Milgram, R. M. (2010). Creative thinking ability: Domain generality and specificity. *Creativity Research Journal*, 22(3), 272-287. <https://doi.org/10.1080/10400419.2010.503535>

- Hu, W., Shi, Q. Z., Han, Q., Wang, X., & Adey, P. (2010). Creative scientific problem finding and its developmental trend. *Creativity Research Journal*, 22(1), 46–52. <https://doi.org/10.1080/10400410903579551>
- Hu, W., Wu, B., Jia, X., Yi, X., Duan, C., Meyer, W., & Kaufman, J. C. (2013). Increasing students' scientific creativity: The "learn to think" intervention program. *The Journal of Creative Behavior*, 47(1), 3-21. <https://doi.org/10.1002/jocb.20>
- 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>
- Kind, M. & Kind, V. (2007) Creativity in Science Education: Perspectives and Challenges for Developing School Science. *Studies in Science Education*, 43(1), 1-37. <https://doi.org/10.1080/03057260708560225>
- 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>
- Linnenbrink, E. A., & Pintrich, P. R. (2002). Motivation as an enabler for academic success. *School Psychology Review*, 31(3), 313-327. <https://doi.org/10.1080/02796015.2002.12086158>
- Lodewyk, K. R. & Winne, P. H. (2005). Relations among the structure of learning tasks, achievement, and changes in self-efficacy in secondary students. *Journal of Educational Psychology*, 97(1), 3–12. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.97.1.3>
- 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>
- Muncer, G., Higham, P.A., Gosling, C.J., Cortese, S., Wood-Downie, H., & Hadwin, J.A. (2022). A meta-analysis investigating the association between metacognition and math performance in adolescence. *Educational Psychology Review*, 34, 301–334. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09620-x>
- Nietfeld, J. L., Cao, L., & Osborne, J. W. (2005). Metacognitive monitoring accuracy and student performance in the postsecondary classroom. *The Journal of Experimental Educational*, 74(1), 7-28. <https://www.jstor.org/stable/20157410>
- Otero, J., Campanario, J. M., & Hopkins, K. D. (1992). The relationship between academic achievement and metacognitive comprehension monitoring ability of Spanish secondary school students. *Educational and Psychological Measurement*, 52(2), 419-430. <https://doi.org/10.1177/0013164492052002017>
- Özcan, Z. Ç., & Gümüş, A. E. (2019). A modeling study to explain mathematical problem-solving performance through metacognition, self-efficacy, motivation, and anxiety. *Australian Journal of Education*, 63(1), 116-134. <https://doi.org/10.1177/0004944119840073>
- Pajares, F., & Miller, M. D. (1994). Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: A path analysis. *Journal of Educational Psychology*, 86(2), 193. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.86.2.193>
- Plucker, J. A., Beghetto, R. A., & Dow, G. T. (2004). Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potentials, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational Psychologist*, 39(2), 83–96. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3902_1
- Renkl, A. (2014). Toward an instructionally oriented theory of example-based learning. *Cognitive Science*, 38(1), 1-37. <https://doi.org/10.1111/cogs.12086>
- 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>
- Rozencwajg, P. (2003). Metacognitive factors in scientific problem-solving strategies. *European Journal of Psychology of Education*, 18(3), 281-294. <https://doi.org/10.1007/BF03173249>
- Runco, M. A. (2004). Creativity. *Annual Review of Psychology*, 55, 657–687. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.55.090902.141502>
- Sadi, O., & Uyar, M. (2013). The relationship between self-efficacy, self-regulated learning strategies and achievement: A path model. *Journal of Baltic Science Education*, 12(1), 21. <https://doi.org/10.33225/jbse/13.12.21>
- Sanjosé, V., Fernández, J. J., & Vidal-Abarca, E. (2010). Importancia de las destrezas de procesamiento de la información en la comprensión de textos científicos. *Infancia y Aprendizaje*, 33(4), 529-541. <https://doi.org/10.1174/021037010793139581>
- Sanjosé, V., Gómez-Ferragud, C. B., Verdugo-Perona, J. J., & Solaz-Portolés, J. J. (2022). Testing a model for the monitoring of worked-out algebra-problem examples: From behaviours to outcomes on a math task. *Psicología Educativa*, 28(2), 141-149. <https://doi.org/10.5093/psed2021a25>
- Sobel, M. E. (1982). Asymptotic intervals for indirect effects in structural equations models. *Sociological Methodology*, 13, 290-312. <https://doi.org/10.2307/270723>
- Solaz-Portolés, J. J., Sanjosé, V., & Gómez, C. B. (2011). La investigación sobre la influencia de las estrategias y la motivación en la resolución de problemas: Implicaciones para la enseñanza. *Latin-American Journal of Physics Education*, 5(4), 788-795. http://www.lajpe.org/dec11/LAJPE_582_Solaz_Portoles_preprint_corr_f.pdf
- Thomas, G., Anderson, D., & Nashon, S. (2008). Development of an instrument designed to investigate elements of science students' metacognition, self-efficacy and learning processes: The SEMLI-S. *International Journal of Science Education*, 30(13), 1701–1724. <https://doi.org/10.1080/09500690701482493>
- Usher, E. L., & Pajares, F. (2006). Sources of academic and self-regulatory efficacy beliefs of entering middle school students. *Contemporary Educational Psychology*, 31, 125–141. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2005.03.002>

- Van der Stel, M., Veenman, M. V., Deelen, K., & Haenen, J. (2010). The increasing role of metacognitive skills in math: A cross-sectional study from a developmental perspective. *ZDM*, 42(2), 219-229. <https://dx.doi.org/10.1007/s11858-009-0224-2>
- Van Gog, T., Kester, L., & Paas, F. (2011). Effects of worked examples, example-problem, and problem-example pairs on novices' learning. *Contemporary Educational Psychology*, 36(3), 212-218. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.10.004>
- Winograd, P., & Johnston, P. (1982). Comprehension monitoring and the error detection paradigm. *Journal of Reading Behavior*, 14(1), 61-76. <https://doi.org/10.1080/10862968209547435>
- 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>
- Yerdelen-Damar, S., & Peşman, H. (2013). Relations of gender and socioeconomic status to physics through metacognition and self-efficacy. *The Journal of Educational Research*, 106(4), 280-289. <https://doi.org/10.1080/00220671.2012.692729>
- 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
- Zheng, R., McAlack, M., Wilmes, B., Kohler-Evans, P., & Williamson, J. (2009). Effects of multimedia on cognitive load, self-efficacy, and multiple rule-based problem solving. *British Journal of Educational Technology*, 40(5), 790-803. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00859.x>