



Revista de Estilos de Aprendizaje / Journal of Learning Styles
ISSN: 1988-8996 / ISSN: 2332-8533

Impacto de la creatividad e identidad científica sobre las destrezas de razonamiento científico de estudiantes de educación secundaria

Jorge Fernández Vilanova

Universitat de València, España

jorgefv886@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6596-9993>

Joan Josep Solaz-Portolés

Universitat de València, España

joan.solaz@uv.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4690-6556>

Vicente Sanjosé López

Universitat de València, España

Vicente.Sanjose@uv.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3806-1717>

Recibido: 10 de junio de 2024 / Aceptado: 5 de noviembre de 2024

Resumen

Las destrezas de razonamiento científico constituyen un elemento básico de la alfabetización científica y tienen gran relevancia en el currículum actual. Los objetivos de esta investigación se centraron en la evaluación de estas destrezas y en los efectos sobre ellas de la creatividad general, la creatividad e identidad científica, el nivel académico y el género. Se llevó a cabo una investigación cuantitativa *ex post facto* de carácter transversal. Participaron en este estudio 152 estudiantes (95 mujeres y 57 hombres) de 3º y 4º de ESO, y 1º de Bachillerato (14-17 años). A todos ellos se les administró un test de creatividad, un cuestionario sobre creatividad científica, un cuestionario sobre identidad científica, y un cuestionario de destrezas de razonamiento científico. Las puntuaciones obtenidas y los análisis de correlaciones, de regresión múltiple y de mediación sugieren que: a) el nivel general de destrezas de razonamiento científico fue bajo; b) las variables que más influyeron en la variabilidad de estas destrezas fueron la identidad científica y el nivel académico; y c) la identidad científica ejerció un papel significativo de mediadora entre la creatividad científica y las destrezas de razonamiento científico, lo que evidenció el efecto indirecto de la creatividad científica sobre dichas destrezas.

Palabras clave: Creatividad; Destrezas de Razonamiento Científico; Educación Secundaria; Identidad Científica; Nivel Académico.

[en] The impact of scientific creativity and identity on secondary school students' scientific reasoning skills

Abstract

Scientific reasoning skills are a basic element of scientific literacy and have great relevance in the current school syllabus. The goals of this research focused on the assessment of these skills and the effects of domain-general creativity, scientific creativity and identity, level grade, and gender on them. Quantitative ex post facto cross-sectional research was conducted. A total of 152 students (95 girls and 57 boys) from three different grades of Spanish secondary education (9th, 10th, and 11th grades, between 14 and 17 years old) participated in this study. A questionnaire on scientific reasoning skills, a questionnaire on scientific creativity, a questionnaire on science identity, and a domain-general creativity test, were administered to participants. Scores obtained and correlation, multiple regression, and mediation analyses suggest that: a) the overall level of scientific reasoning skills was low; b) the variables that most influenced scientific reasoning skills were grade level, and science identity; and c) science identity played a significant mediating role between scientific creativity and scientific reasoning skills, which showed the indirect effect of scientific creativity on these skills.

Keywords: Creativity; Grade Level; Science Identity; Scientific Reasoning Skills; Secondary School.

Sumario: 1. Introducción 1.1. El presente estudio 2. Metodología 2.1. Diseño de la investigación 2.2. Participantes 2.3. Instrumentos y medidas 2.4. Procedimiento 3. Resultados 4. Discusión 5. Conclusiones 6. Referencias.

1. Introducción

Las destrezas que los científicos emplean en sus investigaciones para construir conocimiento, resolver problemas y dar explicaciones suelen denominarse “destrezas de razonamiento científico” (Opitz et al., 2017), “destrezas procedimentales” (Martínez-Losada y García-Barros, 2005) o “destrezas de proceso de la ciencia” (Özgelen, 2012). Actualmente se denominan también “competencias de indagación científica” (Chi et al., 2019; Yang et al., 2016) y “competencias de razonamiento científico” (Krell et al., 2020). Se ha defendido que dichas destrezas son de importancia vital en la comprensión y aprendizaje de las ciencias (Harlen, 1999), e imprescindibles para la alfabetización científica de la ciudadanía (Norris et al., 2014). El currículum español actual de las asignaturas científicas de educación primaria y educación secundaria recoge explícitamente muchas de estas destrezas de razonamiento científico en sus competencias específicas. Así, por ejemplo, en la educación primaria, la competencia específica 3, del currículum de la Comunidad Autónoma Valenciana, de la asignatura Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural es: *Plantear y responder preguntas sobre cuestiones de la vida cotidiana relativas al entorno social y cultural aplicando, con el apoyo y guía de materiales y profesorado, el razonamiento científico y la experimentación*. En educación secundaria obligatoria, en la misma Comunidad y en la asignatura de Física y Química, la competencia específica 1 es: *Resolver problemas científicos abordables en el ámbito escolar a partir de trabajos de investigación de carácter experimental*.

Por otra parte, desde hace más de veinte años la OCDE defiende el valor de las destrezas de razonamiento científico en sus documentos vinculados con conocimientos y evaluación en ciencias (OECD, 2004, 2006, 2009, 2013, 2019, 2020). En la evaluación de estas destrezas se pretende que el alumnado las aplique en escenarios de la vida real (Bybee, 2008). Por tanto, dada su importancia reconocida internacionalmente, resulta conveniente estudiar algunos factores que pueden influir sobre ellas.

La creatividad es un constructo todavía poco definido, si bien puede especificarse que comporta generar ideas o soluciones novedosas y adecuadas (Mumford et al., 2012; Sternberg y Lubart, 1996). Según Clapham (1997), durante la producción creativa se originan, en primer lugar y gracias al pensamiento divergente, ideas o soluciones; después, se seleccionan las que se consideran más apropiadas atendiendo al contexto, y es aquí donde participa el pensamiento convergente. El

pensamiento convergente, a diferencia del divergente, emplea los conocimientos almacenados en la memoria y metodologías aprendidas para el análisis y procesamiento de ideas y respuestas (Gaborra 2010; Runco, 2004). Así pues, la creatividad conjuga las acciones de ambos tipos de pensamiento (Gabriela, 2016). En este punto es importante señalar que, según De Bono (2010), el denominado pensamiento lateral obliga a nuestro cerebro a dejar de lado ideas racionales y convencionales, y también los procedimientos preconstruidos, de este modo se despierta la creatividad y se transforman las percepciones mediante la reestructuración. En el pensamiento lateral concurren simultáneamente el pensamiento divergente y el convergente (Burgh, 2014).

La creatividad es una capacidad humana fundamental, que abarca procesos intra e interpsicológicos que influyen profundamente en los individuos personal y colectivamente (Sawyer, 2021). Puede desempeñar un papel fundamental en tareas educativas como la resolución de problemas o en aquellas otras donde las estrategias metacognitivas son cruciales (Jia et al., 2019). De la relevancia de este constructo en la educación da cuenta su reciente evaluación en las Pruebas PISA y su inclusión como pilar transdisciplinar clave en la formación de los estudiantes en la actual ley del sistema educativo español (LOMLOE, 2020). En la comunidad educativa parece existir consenso en la necesidad de incrementar el papel de la creatividad en la educación (Gallego et al., 2022). En este sentido, un primer paso sería analizar las barreras que pueden afectar a las tareas creativas de los y las estudiantes (Talavera et al., 2015).

El modelo sistémico para la creatividad propuesto por Csikszentmihalyi (1996) sostiene que la creatividad se produce como resultado de la interacción a tres bandas de una persona con un dominio de conocimiento y un campo que toma decisiones sobre ese dominio de conocimiento. Este modelo es coherente con el enfoque educativo que sitúa a la creatividad como una habilidad genérica común a todo un cuerpo de conocimientos y se centra en la interacción entre profesores y alumnos (Forrester y Hui, 2007). De acuerdo con este modelo, el papel de la creatividad en los procesos de generación de conocimiento en ciencia es indiscutible. Pero también a la inversa, se ha argumentado que con la ciencia y sus procedimientos se desarrolla el pensamiento creativo (Meyer y Lederman, 2013). DeHaan (2009) señala que los cursos de ciencias basados en principios constructivistas que usan estrategias de indagación científica deberían ser efectivos en la promoción de la creatividad y la flexibilidad cognitiva. En esta misma línea, Longo (2010) sostiene que el aprendizaje mediante la indagación fomenta la creatividad, y Siew et al. (2014) inciden en la importancia del diseño de experimentos, propuesta y resolución de problemas, y actividades científicas en las que se desarrolla la creatividad de los y las estudiantes.

Ha habido una cierta controversia respecto de las relaciones entre la creatividad de dominio general y la creatividad de dominio específico. En el trabajo de An y Runco (2016) se determinaron los coeficientes de correlación entre medidas de creatividad de dominio general y de dominio específico, y prácticamente todos ellos resultaron positivos y significativos, evidenciándose con ello su vinculación. La creatividad científica es una creatividad de dominio específico que, de acuerdo con Kind y Kind (2007), en un contexto escolar debería basarse en lo que hacen los científicos, esto es, en los procesos de investigación científica. Los resultados de las investigaciones de Huang y Wang (2019) y de Sun et al. (2020) también muestran una asociación significativa entre creatividad general y creatividad científica. Sin embargo, el modelo de Hu y Adey (2002) concibe la creatividad científica como un constructo diferente de la creatividad de dominio general, ya que se fundamenta en conocimientos específicos de ciencia y en destrezas científicas específicas (Hu et al., 2013).

Se ha comprobado que la promoción de destrezas de razonamiento científico en la educación científica mejora la creatividad científica (Aktamis y Ergin, 2008). Y, en esta misma línea Yang et al. (2016), en una investigación sobre las relaciones entre la creatividad científica y los procesos de indagación científica, obtuvieron altas y significativas correlaciones entre el dominio de cuatro elementos propios de la indagación científica (identificar preguntas de investigación, formular hipótesis, diseñar experimentos y extraer conclusiones) y la creatividad científica.

Por otro lado, varias investigaciones han puesto de relieve que la motivación, especialmente la motivación intrínseca, desempeña un papel decisivo en la creatividad (Ceci y Kumar, 2013; De Jesus et al., 2013). En el trabajo de An y Runco (2016) se puso de manifiesto la importancia de diversos factores motivacionales tanto en la creatividad de dominio general, como en la de dominio específico.

Xue et al. (2020) encontraron que la motivación extrínseca no tenía efecto alguno sobre la creatividad científica.

En las últimas décadas ha emergido un nuevo concepto en la educación científica, se trata de la identidad científica del o de la estudiante. El concepto hace referencia a las autopercepciones que tienen los y las estudiantes sobre sus propias capacidades en distintos aspectos de la actividad científica, y sobre lo piensan los demás en relación con el valor de su participación en tareas científicas (Aschbacher et al., 2010). Se ha visto que la identidad científica puede influir positivamente en la curiosidad, entusiasmo, perseverancia, apertura mental y comunicación en el aprendizaje de las ciencias (Kim, 2018). Tanto la definición de identidad científica, como sus efectos sobre el aprendizaje, parecen vincularla estrechamente con algunos componentes de la motivación.

1.1. El presente estudio

Dada la importancia de las destrezas de razonamiento científico en la alfabetización científica de la ciudadanía, los posibles vínculos existentes entre estas destrezas y la creatividad de dominio general y específico (creatividad científica) y la identidad científica, y también la necesidad de conocer si realmente la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria está promoviendo estas destrezas de razonamiento científico sin generar diferencias por el género, llevaron a formular las siguientes preguntas de investigación:

¿Es adecuado el nivel de destrezas de razonamiento científico del estudiantado de secundaria? ¿Se produce una variación significativa de este nivel de destrezas con el nivel académico (formación académica) y el género?

¿Tienen la creatividad de dominio general, la creatividad científica y la identidad científica un efecto significativo sobre las destrezas de razonamiento científico del alumnado de secundaria?

2. Metodología

2.1. Diseño de la investigación

Se empleó un diseño *ex post facto* de carácter cuantitativo y transversal. Las destrezas de razonamiento científico se tomaron como variable dependiente, y la creatividad de dominio general, la creatividad de dominio específico (creatividad científica), la (percepción de) identidad científica, el nivel académico y el género, como variables independientes. Los datos se recogieron en el segundo trimestre del curso académico 2021-2022.

2.2. Participantes

Ha participado de forma voluntaria un total de 152 estudiantes de edades comprendidas entre los 14 y los 17 años, de un centro público de educación secundaria del área metropolitana de la ciudad de Valencia. Los y las estudiantes cursaban 3º de ESO (21 hombres y 39 mujeres), 4º de ESO (15 hombres y 25 mujeres) y 1º de Bachillerato (21 hombres y 31 mujeres). De los dos últimos cursos participó alumnado tanto del itinerario científico-técnico, como del social-humanístico. No hubo muestreo probabilístico e intervinieron grupos intactos del centro. No obstante, no hubo indicios que hicieran pensar en grandes diferencias con la población estudiantil de estos cursos.

2.3. Instrumentos y medidas

Para evaluar las destrezas de razonamiento científico se ha elaborado, para este estudio, un cuestionario basado en preguntas tomadas directamente de las pruebas PISA (OCDE, 2004). Concretamente, a partir de tres textos breves se formularon un total de ocho preguntas, cinco son de respuesta abierta y tres de opción múltiple. Cuatro referidas a “Describir, explicar y predecir fenómenos científicos”, dos a “Entender la investigación científica”, y dos a “Interpretar evidencias científicas y sacar conclusiones”. A continuación, se muestra uno de los textos y las dos primeras preguntas:

“A principios del siglo XI, los doctores chinos manipulaban el sistema inmune pulverizando las costras de pacientes de viruela por las fosas nasales de sus pacientes, de esta manera les inducían en un caso débil de viruela, previniendo así de síntomas mucho más graves en el futuro. Hacia el siglo XVIII, la gente se frotaba con estas costras secas para prevenirles de la

enfermedad; estas prácticas tan primitivas se introdujeron en las colonias inglesas y estadounidenses. Entre 1771 y 1772, durante una epidemia de viruela, un doctor de Boston llamado Zabdiel Boylston probó una idea que tuvo. Rascó la piel de su hijo de 6 años y de otros 285 pacientes (provocando heridas) y frotó pus procedente de costras de viruela en las heridas de sus propios pacientes. Todos sus pacientes (menos 6 de ellos) sobrevivieron a la enfermedad.

P1. ¿Qué idea o ideas comprobó el Dr. Zabdiel Boylston?

P2. Aporta dos evidencias que necesitarías para decidir si la prueba del Dr. Boylston fue un éxito o no.”

La puntuación del cuestionario de destrezas de procedimiento se obtuvo usando la rúbrica del documento de las pruebas PISA (OCDE, 2004). La suma total de todos los ítems representa la puntuación total de dicho cuestionario, y se encuentra entre 0 (puntuación mínima) y 11 puntos (puntuación máxima).

La evaluación de la creatividad de dominio general se llevó a cabo mediante una adaptación, adecuada para la educación secundaria, del test de Torrance (Jiménez et al., 2007). Consta de tres tareas. En la primera, a partir de una pegatina ovalada de color verde, se debe elaborar un dibujo con la pegatina como elemento principal (se valoró la originalidad y la elaboración). En la segunda, se tienen que completar una serie de dibujos inacabados (se valoró la originalidad, la flexibilidad, la fluidez y la elaboración). En la tercera, se evalúa la capacidad para realizar dibujos a partir de líneas paralelas (se valoró la originalidad, la flexibilidad, la fluidez y la elaboración). En la originalidad se tuvieron en cuenta las respuestas (dibujo y título) novedosas, no familiares o inusuales. En la elaboración se puntuaron los detalles que se añaden al dibujo para embellecerlo. En la flexibilidad se computó el número de categorías diferentes que aparecieron. En la fluidez se valoró el número de dibujos realizado. La puntuación total se calculó a partir de la suma de cada uno de los apartados en cada una de las tres tareas. La puntuación máxima es de 490 puntos, que resultó prácticamente inalcanzable.

Se utilizó el cuestionario *Creative Scientific Problem Finding* de Chen et al. (2014) para determinar el nivel de creatividad científica del estudiantado. El cuestionario contiene dos ítems que proponen formular preguntas de carácter científico sobre dos cuestiones. En el primero se pide escribir todas las preguntas posibles, basadas en sus experiencias y observaciones cotidianas, que pudieran ser objeto de una investigación científica. En el segundo, se ofrece una ilustración de un astronauta en la Luna y también se demanda formular todas las preguntas posibles relacionadas con la situación recogida en la ilustración susceptibles de ser investigadas. La calificación del cuestionario de creatividad científica se obtuvo aplicando la rúbrica planteada por Chen et al. (2014), que tiene en cuenta fluidez (número de preguntas formuladas); flexibilidad (número de categorías de preguntas); y originalidad (basada en la frecuencia con que aparecen las preguntas). La puntuación total de creatividad científica se obtuvo simplemente con la suma de los tres factores. En este caso la puntuación mínima es de 0 puntos, pero no hay una puntuación máxima, pues depende del número de preguntas individual y colectivo.

La variable identidad científica se evaluó mediante el cuestionario *Student Science Identity* de Chen y Wei (2020), que fue traducido por una experta filóloga y revisado por dos profesores de educación secundaria. Dicho cuestionario consta de 24 ítems, cada uno de los cuales pertenece a una de estas cuatro dimensiones: competencia, rendimiento, reconocimiento e intereses. Cada uno de los ítems se valora en una escala tipo Likert de 1 a 5, siendo el 1 el grado de menor acuerdo, y el 5 el grado de mayor acuerdo. Algunos ejemplos de estos ítems son:

“Pienso que hago bien las tareas en ciencias” (Rendimiento)

“En mi vida cotidiana soy capaz de usar la ciencia para explicar fenómenos naturales” (Competencia)

“Mis compañeros y compañeras me consideran como una persona de ciencias” (Reconocimiento)

“Estoy interesado/a en carreras relacionadas con las ciencias” (Intereses)

La valoración de la identidad científica de cada estudiante se basó en la suma de las puntuaciones de la escala Likert (1-5) de los 24 ítems del cuestionario. Así pues, la puntuación mínima fue de 24 puntos y la máxima de 120 puntos.

2.4. Procedimiento

Se solicitó permiso a la dirección del centro para poder realizar el estudio. Los objetivos del estudio y las tareas a llevar a cabo fueron dados a conocer a los tutores de los grupos participantes. Se garantizó la total privacidad y anonimato de los datos y su desvinculación con las calificaciones académicas.

Los instrumentos se administraron en tres sesiones diferentes. En cada de ellas una se repartieron instrucciones por escrito. En la primera sesión se cumplimentó el cuestionario de destrezas de razonamiento científico (máximo 50 min). En la segunda sesión se realizó el test de creatividad de dominio general (30 min). Y en la tercera y última sesión se contestaron los cuestionarios de creatividad e identidad científica (45 min en total).

Las cinco preguntas abiertas del cuestionario de destrezas de razonamiento científico, las tres tareas de la prueba de creatividad general y los dos ítems del test de creatividad científica de 30 estudiantes fueron evaluadas de forma independiente por dos autores del estudio. Los coeficientes de correlación producto-momento de Pearson entre las puntuaciones de las cinco preguntas abiertas del cuestionario de destrezas estuvieron comprendidos entre .96 y .98. En el caso de la prueba de creatividad general, los coeficientes de correlación de las tres tareas fueron .87, .85 y .89. Y en los ítems de creatividad científica .87 y .91. Estos valores permitieron considerar como suficientemente objetivo el procedimiento de evaluación.

Las puntuaciones de los instrumentos se recogieron en una hoja de cálculo. Seguidamente se hizo uso del paquete estadístico SPSS versión 24.0 para procesar los datos. Se calculó la fiabilidad del cuestionario de identidad científica usando el alfa de Cronbach, que resultó ser alta, .96.

Para detectar posibles variables mediadoras entre predictores y criterio (Baron y Kenny, 1986), se siguió el procedimiento de Hayes (2013). La significatividad de los efectos de mediación se evaluó mediante el test de Sobel (1982).

3. Resultados

En la Tabla 1 aparecen las puntuaciones medias de las variables del presente estudio, así como sus desviaciones típicas, de acuerdo con el nivel académico (curso) y género.

Tabla 1.

Estadística descriptiva de las variables en el estudio.

Variable	N. Académico	Género	M	SD
Creatividad General (Punt. máx: 490)	3ºESO	Hombre	146,29	47,14
		Mujer	157,51	58,36
	4ºESO	Hombre	143,93	34,77
		Mujer	139,64	49,12
	1ºBAC	Hombre	131,14	47,44
		Mujer	138,55	46,44
Creatividad Científica (Sin Punt. Máx.)	3ºESO	Hombre	21,00	15,62
		Mujer	23,90	18,85
	4ºESO	Hombre	25,27	11,49
		Mujer	28,48	11,84
	1ºBAC	Hombre	26,00	20,67
		Mujer	24,13	19,14

Los de producto- de Pearson variables juego en	Destrezas Raz. Científico (Punt.Máx: 11)	Nivel Académico	Género	Coeficientes de correlación momento entre las puestas en nuestra		
				Coeficiente	Significancia	
	3°ESO		Hombre	2,62	2,06	
			Mujer	2,23	1,63	
	4°ESO		Hombre	3,13	1,55	
			Mujer	2,88	1,59	
	1°BAC		Hombre	4,05	1,77	
			Mujer	3,61	1,94	
	Identidad científica (P.Máx: 120)	3°ESO		Hombre	80,62	19,03
				Mujer	71,08	21,58
4°ESO			Hombre	77,40	26,30	
			Mujer	67,36	24,93	
1°BAC			Hombre	84,14	23,05	
			Mujer	73,39	26,87	

investigación se muestran en la Tabla 2. Como puede observarse, las variables género y creatividad general no correlacionan de forma significativa con las destrezas de razonamiento científico. Las variables nivel académico, creatividad e identidad científica correlacionan positiva y significativamente con dichas destrezas. También se advierte una correlación positiva y significativa entre la identidad y la creatividad científica.

Tabla 2.

Coeficientes de correlación producto-momento de Pearson entre variables.

	1	2	3	4	5	6
1.Destrezas Raz. Científico	1	-0,112	0,329***	-0,025	0,226**	0,439***
2.Género		1	-0,048	0,064	0,035	-0,207*
3.Nivel Académico			1	-0,157	0,054	0,056
4.Creatividad General				1	-0,092	-0,128
5.Creatividad Científica					1	0,211**
6.Identidad Científica						1

Fuente: elaboración propia. Notas: N =152, Género codificado como mujer =1, hombre =0. Nivel académico codificado como 3° ESO =0, 4°ESO =1, 1° Bachillerato =2. *p <.05, **p <.01, ***p <.001

A continuación, se efectuó un análisis de regresión lineal múltiple tomando como variable dependiente, o criterio, las destrezas de razonamiento científico, y como variables independientes, o predictores, las variables que correlacionan de forma significativa con estas destrezas, esto es, nivel académico, creatividad e identidad científica. Este análisis tuvo el propósito de examinar si la variabilidad en las destrezas de razonamiento científico podía ser predicha con estas tres últimas variables. El modelo de regresión fue estadísticamente significativo en la explicación de la variable dependiente ($F(3,148)= 29.76, p <.001$). Los datos de mayor relevancia del análisis se recogen en la Tabla 3.

Tabla 3.

Resumen del análisis de regresión múltiple para los predictores de las destrezas de razonamiento científico.

V. Independiente	R ² ajustada	B	β	p	VIF*
	0.286				
Nivel Académico		.647	.300	<.001	1.005
Creatividad Científica		.014	.126	.074	1.049
Identidad Científica		.031	.395	<.001	1.049

Fuente: elaboración propia. Notas: N =152, *VIF = Variance Inflation Factor

En la Tabla 4 se recoge un resumen de los resultados de cada uno de los pasos de un análisis de regresión *forward stepwise*, esto es, de una regresión lineal múltiple efectuada paso a paso hacia adelante. Con ella, se busca determinar la contribución particular de cada predictor a la varianza del criterio. El orden en el que se aceptaron los predictores fue: 1) identidad científica, 2) nivel académico, y 3) creatividad científica (predictor con significación marginal).

Tabla 4.

Resumen del análisis de regresión *forward stepwise* para los predictores de las destrezas de razonamiento científico.

Paso	V. Independiente	R ² ajustada	ΔR^2	B	β	p	VIF*
1		.187	.187				
	Identidad Científica			.034	.439	<.001	1
2		.276	.089				
	Identidad Científica			.033	.422	<.001	1.003
	Nivel académico			.658	.305	<.001	1.003
3		.286	.010				
	Identidad Científica			.031	.395	<.001	1.049
	Nivel Académico			.647	.300	<.001	1.005
	Creatividad Científica			.014	.126	.074	1.049

Fuente: elaboración propia. Notas: N =152, *VIF = Variance Inflation Factor

La variable identidad científica dio cuenta del 18.7% de la varianza de la variable dependiente. La introducción de la autoeficacia explicó 8.9 puntos porcentuales adicionales y, finalmente, la creatividad científica incrementó en 1 punto porcentual la predicción de las destrezas de razonamiento científico, hasta el total de 28.6%.

Finalmente, el hecho de que la creatividad científica se mostrase como un predictor no significativo en el análisis de regresión (con escasa contribución a la varianza de las destrezas de razonamiento científico) a pesar su correlación positiva y significativa con las destrezas de razonamiento científico, junto con su positiva y significativa correlación con la variable identidad científica, sugirió la posible mediación de la identidad científica en el efecto de la creatividad científica sobre las destrezas de razonamiento científico. Por esta razón, se realizó un análisis de mediación. El efecto total de la creatividad científica sobre las destrezas de razonamiento científico, obtenido mediante una regresión simple, fue significativo ($B = .025, p < .01$). El efecto directo se evaluó a partir del análisis de regresión de las variables creatividad e identidad científicas sobre las destrezas de razonamiento científico, y solamente alcanzó significación marginal ($B = .015, p = .063$). Por el contrario, el efecto indirecto sí resultó ser significativo ($B = .010, p < .05$). El test de Sobel corroboró que la mediación parcial de la identidad científica fue estadísticamente significativa ($z = 2.389, p < .05$).

4. Discusión

Las puntuaciones medias de las destrezas de razonamiento científico de los y las estudiantes de educación secundaria participantes, medidas con un cuestionario tipo PISA, han fluctuado entre los 2.23 y 4.05 puntos (en una escala comprendida entre 0 y 11 puntos). Estas puntuaciones son realmente bajas teniendo en cuenta las características del cuestionario y el nivel educativo al que van destinadas las pruebas PISA. En un estudio reciente con una muestra similar, aunque con un cuestionario diferente (Rodríguez et al., 2022), también se encontró que los estudiantes de secundaria presentaban un nivel de destrezas de razonamiento científico bajo.

Como se ha visto en la matriz de coeficientes de correlación, no se dio una asociación significativa entre las destrezas de razonamiento científico y la variable género. Este resultado es coincidente con el obtenido por Piraksa et al. (2014) y Rodríguez et al. (2022). En ambos casos, no hubo diferencias significativas entre hombres y mujeres en la utilización de destrezas de razonamiento científico.

La creatividad de dominio general, medida con una adaptación del test de pensamiento creativo de Torrance que solo utiliza la dimensión figurativa, no correlacionó de forma significativa ni con la creatividad científica, ni con las destrezas de razonamiento científico. El hecho de que la creatividad general y la creatividad científica no hayan mostrado una asociación significativa entra en contradicción con los estudios de Huang y Wang (2019) y de Sun et al. (2020), si bien se ha de subrayar que los instrumentos utilizados en el presente estudio han sido diferentes a los empleados por los autores citados. Por otra parte, podría poner en evidencia que la creatividad científica requiere de algo más que pensamiento divergente, concretamente de un cierto nivel de pensamiento convergente, como ya apuntaron Zhu et al. (2019). Este último argumento también podría servir para justificar la escasa asociación encontrada entre creatividad general y destrezas de razonamiento científico.

En relación con los análisis de regresión lineal múltiple realizados, tomando como predictores las variables que proporcionan un coeficiente de correlación significativo con las destrezas de razonamiento científico, podría decirse en primera instancia que las únicas variables que predicen significativamente la variabilidad en dichas destrezas son el nivel académico y la identidad científica. En el caso del nivel académico, sus efectos significativos son congruentes con los obtenidos por Piekny y Maehler (2013) y Rodríguez et al. (2022). En ambos trabajos se comprobó la mejora significativa de las destrezas de razonamiento científico a medida que se avanza en la formación académica en la educación secundaria. En el caso de la identidad científica todavía no hay estudios con los que poder contrastar los hallazgos del presente estudio. No obstante, los vínculos entre identidad científica y autoeficacia en ciencias encontrados por Williams y George-Jackson (2014), el papel mediador de la autoeficacia en ciencias entre la identidad científica y el rendimiento en ciencias puesto en evidencia por White et al. (2019), y la función decisiva de la autoeficacia en el rendimiento en pruebas de ciencias hallado por Uçar y Sungur (2017), son antecedentes del presente estudio con resultados convergentes.

Finalmente, el análisis de mediación efectuado ha revelado que la variable identidad científica actuó de mediadora entre la creatividad científica y las destrezas de razonamiento científico. El efecto indirecto de la creatividad científica sobre las destrezas de razonamiento científico resultó ser significativo, hecho que permite afirmar que la creatividad científica no apareció como predictor significativo porque quedó apantallada por la identidad científica. En consecuencia, los resultados confirman que identidad científica, nivel académico y creatividad científica contribuyen de forma significativa a la variabilidad de las destrezas de razonamiento científico. A tenor de los valores de los coeficientes de regresión estandarizados β y de la regresión con procedimiento *forward stepwise*, la identidad científica es la variable de mayor peso o influencia sobre las destrezas de razonamiento científico, más que el nivel académico o formación científica que se proporciona en las aulas.

5. Conclusiones

Los valores obtenidos en el cuestionario de destrezas de razonamiento científico sugieren, como primera conclusión, que el alumnado de educación secundaria tiene un nivel de estas destrezas científicas bajo. Así pues, debería tomarse en consideración la necesidad de centrar más la formación científica en este aspecto curricular.

La segunda conclusión se derivaría de las variables que han mostrado una influencia significativa

sobre las destrezas de razonamiento científico. La identidad científica y el nivel académico (formación académica) parecen tener un impacto decisivo sobre dichas destrezas. La identidad científica se muestra más influyente incluso que la formación académica. Este punto podría llevar a proponer un enfoque metodológico en la enseñanza de las ciencias que hiciera que el estudiantado se sintiera actuar como una científica o científico.

La tercera conclusión está referida al efecto indirecto de la creatividad científica sobre las destrezas de razonamiento científico. Los análisis efectuados indicarían que la autopercepción de identidad científica (medida subjetiva) actuaría de mediadora entre dos variables objetivas, la creatividad científica y las destrezas de razonamiento científico. Consecuentemente, la creatividad científica también influiría, a través de la identidad científica, en las destrezas de razonamiento científico.

De este conjunto de conclusiones podría colegirse la necesidad de una metodología de enseñanza de las ciencias que promueva uso de destrezas procedimentales de la ciencia y la creatividad científica, y facilite la identidad científica. El aprendizaje basado en la indagación cumple con todos estos requerimientos porque emplea como base de aprendizaje las herramientas propias de construcción del conocimiento científico (destrezas procedimentales de la ciencia), permite un margen amplio de exposición de ideas propias en diferentes tareas (creatividad científica), y otorga el papel de “científico” al alumnado (identidad científica).

5.1. Limitaciones

Las limitaciones del presente trabajo se refieren tanto a la muestra como a los instrumentos utilizados. La muestra ha sido pequeña y no procedió de un muestreo probabilístico. Por otra parte, solo han intervenido estudiantes de tres niveles educativos de la educación secundaria. Por lo que respecta a los instrumentos, el de destrezas de razonamiento científico solo tuvo en cuenta algunas de ellas; la prueba de creatividad no consideró la dimensión verbal; y el cuestionario de identidad científica se basó en la autopercepción del estudiantado, por lo que los sesgos personales y subjetividad podrían afectar a los resultados. Por todas estas limitaciones, las conclusiones no son de validez general, y no pueden extrapolarse.

Referencias

- Aktamis, H., y Ergin, Ö. (2008). The effect of scientific process skills education on students' scientific creativity, science attitudes and academic achievements. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 9(1), Article 4. <https://www.eduhk.hk/apfslt/>
- An, D., y Runco, M. A. (2016). General and domain-specific contributions to creative ideation and creative performance. *Europe's Journal of Psychology*, 12(4), 523-532. <https://doi.org/10.5964/ejop.v12i4.1132>
- Aschbacher, P. R., Li, E., y Roth, E. J. (2010). Is science me? High school students' identities, participation and aspirations in science, engineering, and medicine. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 564-582. <https://doi.org/10.1002/tea.20353>
- 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>
- Bybee, R. W. (2008). Scientific literacy, environmental issues, and PISA 2006: The 2008 Paul F-Brandwein lecture. *Journal of Science Education and Technology*, 17(6), 566-585. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9124-4>
- Burgh, G. (2014). Creative and lateral thinking: Edward De Bono. In *Encyclopedia of Educational Theory and Philosophy* (Vol. 2, pp. 187-188). SAGE Publications, Inc., <https://doi.org/10.4135/9781483346229>
- Ceci, M.W., y Kumar, V.K. (2015). A correlational study of creativity, happiness, motivation, and stress from creative pursuits. *Journal of Happiness Studies*, 17, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10902-015-9615-y>
- 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, S., y Wei, B. (2020). Development and Validation of an Instrument to Measure High School Students' Science Identity in Science Learning. *Research in Science Education*, 52, 111–126. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09932-y>
- Chi, S., Wang, Z., y Liu, X. (2019). Investigating disciplinary context effect on student scientific inquiry competence. *International Journal of Science Education*, 41(18), 2736–2764. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1697837>
- Clapham, M. M. (1997). Ideational skills training: A key element in creativity training programs. *Creativity Research Journal*, 10(1), 33–44. https://doi.org/10.1207/s15326934crj1001_4
- Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: Flow and the psychology of discovery and invention*. Harper Collins.
- De Bono, E. (2010). *Lateral thinking: A textbook of creativity*. Penguin Adult.
- De Jesus, S. N., Rus, C. L., Lens, W., y Imaginário, S. (2013). Intrinsic motivation and creativity related to product: A meta-analysis of the studies published between 1990–2010. *Creativity Research Journal*, 25(1), 80–84. <https://doi.org/10.1080/10400419.2013.752235>
- DeHaan, R. L. (2009). Teaching creativity and inventive problem solving in science. *CBE—Life Sciences Education*, 8(3), 172–181. <https://doi.org/10.1187/cbe.08-12-0081>
- Forrester, V., & Hui, A. (2007). Creativity in the Hong Kong classroom: What is the contextual practice? *Thinking Skills and Creativity*, 2(1), 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2006.10.003>
- Gaborra, L. (2010). Revenge of the “nerds”: Characterizing creative thought in terms of the structure and dynamics of memory. *Creativity Research Journal*, 22, 1–13. <https://doi.org/10.1080/10400410903579494>
- Gallego, D. J., Alonso, C., y Vieira, D. M. (2022). Estilos de Aprendizaje y Estilos de Enseñanza. Propuestas pedagógicas para la transformación de la educación. *Revista de Estilos de Aprendizaje*, 15(Especial), 1–4. <https://doi.org/10.55777/rea.v15iEspecial.5309>
- Harlen, W. (1999). Purposes and procedures for assessing science process skills. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 6(1), 129–144. <https://doi.org/10.1080/09695949993044>
- Hayes, A. F. (2013). *Introduction to mediation, moderation and conditional process analysis. A regression based approach*. The Guilford Press.
- Hu, W., y 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>
- Huang, C. F., y Wang, K. C. (2019). Comparative analysis of different creativity tests for the prediction of students' scientific creativity. *Creativity Research Journal*, 31(4), 443–447. <https://doi.org/10.1080/10400419.2019.1684116>
- Jia, X., Li, W., & Cao, L. (2019). The role of metacognitive components in creative thinking. *Frontiers in psychology*, 10, 2404. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02404>
- Jiménez, J. E., Artiles, C., Rodríguez, C., y García, E. (2003). *Adaptación y baremación del test de pensamiento creativo de Torrance: expresión figurada*. Educación Primaria y Secundaria. Consejería de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias.
- Kim, M. (2018). Understanding children's science identity through classroom interactions. *International Journal of Science Education*, 40(1), 24–45. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1395925>
- Krell, M., Redman, C., Mathesius, S., Krüger, D., y van Driel, J. (2020). Assessing pre-service science teachers' scientific reasoning competencies. *Research in Science Education*, 50, 2305–2329. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9780-1>
- LOMLOE (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2020-17264
- Longo, C. (2010). Fostering Creativity or Teaching to the Test? Implications of State Testing on the Delivery of Science Instruction. *The Clearing House*, 83(2), 54–57. <https://doi.org/10.1080/00098650903505399>
- Martínez-Losada, C., y García-Barros, S. (2005). Do Spanish secondary school teachers really value different sorts of procedural skills? *International Journal of Science Education*, 27(7), 827–854. <https://doi.org/10.1080/09500690500038355>

- Meyer, A. A., y Lederman, N. G. (2013). Inventing creativity: An exploration of the pedagogy of ingenuity in science classrooms. *School Science and Mathematics*, 113(8), 400-409. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ssm.12039>
- Mumford, M.D., Medeiros, K.E., y Partlow, P.J. (2012). Creative thinking: Processes, strategies, and knowledge. *Journal of Creative Behavior*, 46(1), 30–47. <https://doi.org/10.1002/jocb.003>
- Norris, S. P., Phillips, L. M., y Burns, D. P. (2014). Conceptions of scientific literacy: Identifying and evaluating their programmatic elements. In M. R. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 1317-1344). Springer.
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2004). *The PISA 2003 assessment framework: Mathematics, reading, science, and problem-solving knowledge and skills*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/education/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33694881.pdf>
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264026407-en>
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2009). PISA 2009 assessment framework: Key competencies in reading, mathematics, and science. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/44455820.pdf>
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2013). *PISA 2015. Draft science framework*. <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20.pdf>
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2019). PISA 2018. *Assessment and Analytical Framework*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Organization for Economic Cooperation and Development (OECD). (2020). *PISA 2024. Strategic vision and direction for science*. OECD Publishing. <https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA-2024-Science-Strategic-Vision-Proposal.pdf>
- Opitz, A., Heene, M., y Fischer, F. (2017). Measuring scientific reasoning—a review of test instruments. *Educational Research and Evaluation*, 23(3-4), 78-101. <https://doi.org/10.1080/13803611.2017.1338586>
- Özgelen, S. (2012). Students’ science process skills within a cognitive domain framework. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 8(4), 283-292. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2012.846a>
- Piekny, J. y Maehler, C. (2013). Scientific reasoning in early and middle childhood: The development of domain -general evidence evaluation, experimentation, and hypothesis generation skills. *British Journal of Developmental Psychology*, 31 (2), 153-179. <https://doi.org/10.1111/j.2044-835X.2012.02082.x>
- Piraksa, C., Srisawasdi, N., y Koul, R. (2014). Effect of Gender on Students’ Scientific Reasoning Ability: A case study in Thailand. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116 (1), 486-491. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.245>
- Rodríguez, J., Solaz-Portolés, J. J., y Sanjosé, V. (2022). Efectos de la formación académica y del género sobre las destrezas de razonamiento científico de los estudiantes de secundaria: un estudio piloto. *Espacios en blanco. Serie indagaciones*, 32(1), 79-90. <https://doi.org/10.37177/UNICEN/EB32-316>
- Runco, M. A. (2004). Creativity. *Annual Review of Psychology*, 55, 657–687. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.55.090902.141502>
- Sawyer, R. K. (2021). The iterative and improvisational nature of the creative process. *Journal of Creativity*, 31, 100002. <https://doi.org/10.1016/j.yjoc.2021.100002>
- Siew, N. M., Chong, C. L., y Chin, K. O. (2014). Developing a scientific creativity test for fifth graders. *Problems of Education in the 21st Century*, 62, 109-123. <https://doi.org/10.33225/pec/14.62.109>

- Sobel, M. E. (1982). Asymptotic intervals for indirect effects in structural equations models. *Sociological Methodology*, 13, 290-312. <https://doi.org/10.2307/270723>
- Sternberg, R. J., y Lubart, T. I. (1996). Investing in creativity. *American Psychologist*, 51(7), 677-688. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.51.7.677>
- Sun, M., Wang, M., y Wegerif, R. (2020). Effects of divergent thinking training on students' scientific creativity: The impact of individual creative potential and domain knowledge. *Thinking Skills and Creativity*, 37, 100682. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100682>
- Talavera, M., Hurtado, A., Cantó, J., y Martín, D. (2015). Valoración de la creatividad grupal y barreras del pensamiento creativo en universitarios. *Revista de estilos de aprendizaje*, 8(15), 70-90. <https://doi.org/10.55777/rea.v8i15.1028>
- Uçar, F. M., y Sungur, S. (2017). The role of perceived classroom goal structures, self-efficacy, and engagement in student science achievement. *Research in Science & Technological Education*, 35(2), 149-168. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1278684>
- White, A. M., DeCuir-Gunby, J. T., y Kim, S. (2019). A mixed methods exploration of the relationships between the racial identity, science identity, science self-efficacy, and science achievement of African American students at HBCUs. *Contemporary Educational Psychology*, 57, 54-71. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2018.11.006>
- Williams, M. M., y George-Jackson, C. (2014). Using and doing science: Gender, self-efficacy, and science identity of undergraduate students in STEM. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 20(2). <https://doi.org/10.1615/JWomenMinorScienEng.2014004477>
- Xue, Y., Gu, C., Wu, J., Dai, D. Y., Mu, X., y Zhou, Z. (2020). The effects of extrinsic motivation on scientific and artistic creativity among middle school students. *The Journal of Creative Behavior*, 54(1), 37-50. <https://doi.org/10.1002/jocb.239>
- Yang, K. K., Lin, S. F., Hong, Z. R., y Lin, H. S. (2016). Exploring the assessment of and relationship between elementary students' scientific creativity and science inquiry. *Creativity Research Journal*, 28(1), 16–23. <https://doi.org/10.1080/10400419.2016.1125270>
- Zhu, W., Shang, S., Jiang, W., Pei, M., y Su, Y. (2019). Convergent thinking moderates the relationship between divergent thinking and scientific creativity. *Creativity Research Journal*, 31(3), 320-328. <https://doi.org/10.1080/10400419.2019.1641685>

Financiación

Este trabajo forma parte del Proyecto PID2021-124333NB-I00 financiado por MCIN/AEI/10.13039/501100011033/ y por FEDER Una manera de hacer Europa.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de interés entre los autores y revisores.

Contribución de autores

Idea: J.J.S.P., V.S.L.; Revisión de Literatura: J.J.S.P., J.F.V.; Metodología: V.S.L., J.J.S.P., J.F.V.; Análisis de Datos: J.J.S.P., V.S.L., J.F.V.; Discusión y Conclusiones: J.J.S.P., V.S.L., J.F.V.



© 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons