

Examinando las influencias sociodemográficas en la comprensión y preparación de los maestros en formación para enseñar STEM

Irene TRAPERO-GONZÁLEZ
Inmaculada AZNAR-DÍAZ
Magdalena RAMOS NAVAS-PAREJO
José-María ROMERO-RODRÍGUEZ

Datos de contacto:

Irene Trapero-González
Universidad de Granada
irenetrapero@correo.ugr.es

Inmaculada Aznar-Díaz
Universidad de Granada
iaznar@ugr.es

Magdalena Ramos Navas-Parejo
Universidad de Granada
magdalena@ugr.es

José-María Romero-Rodríguez
Universidad de Granada
romejo@ugr.es

Recibido: 08/10/2024

Aceptado: 02/12/2024

RESUMEN

El desarrollo de la competencia STEM en la formación inicial docente es fundamental para despertar vocaciones e inquietudes STEM en los futuros docentes, con la finalidad de que puedan transmitir posteriormente estos conocimientos a las nuevas generaciones y poder estrechar las diferencias de género en este ámbito. El objetivo de este trabajo fue identificar la influencia de los factores sociodemográficos en el conocimiento pedagógico, conocimiento STEM y conocimiento de las habilidades del siglo XXI de los docentes en formación. Para este propósito, se empleó un diseño de estudio transversal, utilizando una encuesta en línea como herramienta de recolección de datos. En la investigación se incluyeron los datos de 436 estudiantes, la edad se situó entre los 18 y 31 años ($M = 20.27$; $DT = 2.88$). Los resultados obtenidos revelaron que: 1) hubo diferencias significativas entre género respecto al conocimiento STEM, siendo un factor influyente; 2) tener un familiar vinculado al STEM favorece tener una mayor media en conocimiento pedagógico, STEM y habilidades del siglo XXI; 3) la titulación cursada influyó en el conocimiento pedagógico y conocimiento STEM; 4) el conocimiento pedagógico y de las habilidades del siglo XXI influyeron en la predisposición hacia la ciencia, tecnología e ingeniería. Finalmente, se analizan las posibles direcciones para futuras investigaciones, subrayando el valor de los datos recopilados para profundizar en el conocimiento existente sobre la predisposición a enseñar materias STEM.

PALABRAS CLAVE: STEM; factores sociodemográficos; formación del profesorado; educación superior.

Examining Socio-Demographic Influences on Trainee Teachers' Understanding and Readiness to Teach STEM

ABSTRACT

The development of STEM competence in initial teacher training is essential to awaken STEM vocations and concerns in future teachers, so that they can subsequently pass on this knowledge to new generations and narrow the gender gap in this field. The aim of this paper was to identify the influence of socio-demographic factors on pre-service teachers' pedagogical knowledge, STEM knowledge and knowledge of 21st century skills. For this purpose, a cross-sectional study design was employed, using an online survey as a data collection tool. The research included data from 436 students, aged between 18 and 31 years ($M = 20.27$; $SD = 2.88$). The results obtained revealed that: 1) there were significant gender differences in STEM knowledge, being an influential factor; 2) having a family member linked to STEM favours having a higher average in pedagogical knowledge, STEM and 21st century skills; 3) the degree taken influenced pedagogical knowledge and STEM knowledge; 4) pedagogical knowledge and knowledge of 21st century skills influenced the predisposition towards science, technology and engineering. Finally, possible directions for future research are discussed, highlighting the value of the data collected to deepen existing knowledge on the predisposition to teach STEM subjects.

KEYWORDS: STEM; socio-demographic factors; teacher training; higher education.

Introducción

La enseñanza de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (STEM) conforma el pilar fundamental para el desarrollo de los conocimientos cognitivos, las actitudes efectivas y las competencias específicas necesarias para desenvolverse de forma exitosa en la sociedad del actual (Hyseni et al., 2023). Esto se debe, según Nugroho et al. (2021), a que la educación STEM prepara a los estudiantes para ser capaces de resolver problemas de forma innovadora, inventar, ser independientes y tecnológicamente competentes. A lo que se debe añadir que desarrolla el pensamiento lógico, creativo y crítico, el fomento de la cooperación y la resiliencia. Por tanto, se considera una vía para conseguir las habilidades del siglo XXI (Ibrahim et al., 2024).

El mundo en general se enfrenta actualmente a desafíos tales como: el cambio climático, la atención médica y otras cuestiones sociocientíficas complejas, que hacen necesario el desarrollo de competencias STEM para una toma de decisiones adecuada. Las experiencias con estas materias forman al estudiante para aprender, vivir, trabajar y participar en una sociedad cada vez más focalizada en el ámbito científico-técnico. Por lo que esta formación es básica, independientemente de la ocupación laboral que se vaya a desempeñar en el futuro (Ludwig et al., 2024).

Por este motivo, la educación STEM ha adquirido una gran relevancia como base

fundamental del desarrollo de los países, la competitividad económica y el bienestar social. Hyseni et al. (2023) afirman que esta disciplina debe adquirir un enfoque integrado de la enseñanza y el aprendizaje, tratando los contenidos de forma unificada.

Este tipo de educación capacita para desarrollar el conocimiento científico y matemático de los estudiantes, favoreciendo actitudes positivas hacia las materias STEM, lo que a su vez resulta fundamental para la motivación hacia la elección de carreras relacionadas con estas disciplinas (Hiwatig et al., 2024).

Según estos mismos autores, las características elementales que definen el enfoque STEM se basan en: conectar los problemas con el mundo real, utilizar diseños de ingeniería, contextualizar la enseñanza, integrar los contenidos, realizar prácticas reales, desarrollar las competencias necesarias para vivir en el siglo XXI y promocionar las carreras STEM. De esta forma, se motiva al estudiante, utilizando un aprendizaje contextualizado con problemas relevantes, que se encuentran en el mundo real, implicándolo en el uso y conocimiento STEM. Zucker et al. (2021) consideran que los niños desde que nacen se encuentran inmersos en un mundo lleno de oportunidades para aprender ciencia y tecnología. De forma que explorando el funcionamiento de los objetos que les rodean, se pueden fijar las bases para un aprendizaje posterior.

Por tanto, la alfabetización STEM comprendida como “el proceso dinámico y la capacidad de aplicar, cuestionar, colaborar, apreciar, participar, persistir y comprender la utilidad de los conceptos y habilidades STEM” (Ludwig et al., 2024, p.2), es un proceso continuo que dura toda la vida y que se encuentra afectado por las oportunidades de aprendizaje dentro de ambientes formales e informales de enseñanza.

Actualmente, la equidad en educación STEM supone un reto. Pues existen estereotipos que excluyen e incluyen en este tipo de educación y que predisponen a su acceso y participación. Esta brecha de oportunidades afecta especialmente de forma negativa a las mujeres, las personas de origen hispanoamericano, los pueblos indígenas, las personas con discapacidad y las que cuentan con un bajo nivel socioeconómico (Ludwig et al., 2024). Así lo vienen documentando numerosos informes estadounidenses a lo largo de los últimos años (Building Engineering and Science Talent, 2004; National Research Council, 2012; National Institutes of Health, 2019; Washington State STEM Education Innovation Alliance, 2019; National Science and Technology Council, 2021)

Estudios como el de Hyseni et al. (2023) confirman la relación que existe entre los factores sociodemográficos y el rendimiento académico en materias STEM, junto con las actitudes, la confianza, la eficacia y la ansiedad por los exámenes. Estos mismos autores resaltan la influencia del acceso a la tecnología relacionada con los factores socioeconómicos y ambientales (Smith et al., 2022). Por su parte, Hiwatig et al. (2024) llegaron a la conclusión de que relacionar los contenidos STEM con la vida de los estudiantes influye positivamente en el interés por estas materias. Sin embargo, demostraron que el nivel del impacto depende significativamente del grupo demográfico también, encontrando disparidades en el género, la etnia y el nivel socioeconómico (Balta et al., 2023).

La participación de las mujeres en las disciplinas STEM se está incrementando. Sin

embargo, la brecha de género sigue siendo muy relevante y preocupante, dada la negativa repercusión que tiene en las oportunidades de ellas (Almukhambetova et al., 2023; Barth et al., 2022; Bahr y Zinn, 2023) y en la limitación de la potencialidad de la industria STEM (Hill y Allen, 2021). Un estudio llevado a cabo por Msambwa et al. (2024) revela que esta baja representación femenina depende de factores personales, como la falta de interés, la baja autoestima y las actitudes negativas hacia estas cuestiones. Factores conductuales, como la baja motivación, baja autoeficacia y los proyectos de futuro laboral, que no se encuentran relacionados con estas materias. Y especialmente factores ambientales, como la falta de colaboración y de modelos a seguir y los estereotipos, que relacionan a los hombres con las materias STEM de forma tradicional (Heybach y Pickup, 2017).

Para paliar los efectos de estos factores, tanto los responsables políticos como los educadores deben trabajar sobre cada uno de ellos. Con respecto a los personales; se recomienda aumentar las exposiciones a las prácticas STEM desde pequeñas y mejorar la autoconfianza. Con respecto a los conductuales; aumentar la motivación y la autoeficacia, además de ofrecer una adecuada orientación. Y con respecto a los ambientales; reformular los roles de género, para romper con los estereotipos que existen sobre los atributos de hombres y mujeres, los cuales dividen los tipos de trabajos por géneros, propiciando que los hombres ocupen las posiciones de alto estatus (Kuchynka et al., 2022). Además, resulta fundamental contar con un buen equipo STEM, que facilite y acerque estas experiencias de la forma más adecuada a todo el estudiantado.

A través del estudio llevado a cabo por Daniela et al. (2022), se demostró que las estrategias pedagógicas pueden influir significativamente en la mejora de los resultados académicos de las niñas en materias STEM. Acciones como introducir la robótica educativa en las aulas en las primeras etapas educativas, desarrolla este aprendizaje de forma muy efectiva. Sin embargo, Anđić et al. (2024) consideran que los docentes necesitan una formación adecuada en estos ámbitos para que su enseñanza sea efectiva, pues el desconocimiento propicia que los educadores sientan aprensión por este tipo enseñanza, no comprendiendo su naturaleza integradora, ni teniendo una definición clara de la misma (Sokoll-Bauer, 2023).

En este sentido, la competencia de los docentes es fundamental para transmitir la educación STEM de forma adecuada al alumnado. Una preparación insuficiente se atribuye a una formación inicial inadecuada, influenciada por factores sociodemográficos (Claro et al., 2024). Autores, como Adewale (2024), también confirman que factores como el género y la edad afectan significativamente en las formas de enseñanza de los docentes. Ibrahim et al. (2024), en esta misma línea, insisten en la importancia de que expertos en STEM mejoren la formación de los futuros docentes en las habilidades del siglo XXI, para que ganen confianza y comprensión en estas materias.

Un docente, que sabe integrar las materias STEM, está motivado profesionalmente y tiene una correcta autoimagen, es capaz de crear ambientes de aprendizaje a través de resolución de problemas del mundo real, de forma colaborativa y compleja para sus estudiantes. No basta solo con aumentar el número de horas de impartición de estas

materias, se trata de ofrecer oportunidades auténticas de experimentación con STEM. Para que esto suceda, los futuros docentes deben estar y sentirse preparados para hacerlo (Holincheck y Galanti, 2023).

En un estudio llevado a cabo por Johnson et al. (2021), se reveló que los futuros maestros no se sienten adecuadamente preparados, con los conocimientos adquiridos en la universidad, para integrar las ciencias y las matemáticas en las aulas de Educación Primaria. Estos carecen de una sólida base de comprensión conceptual de las matemáticas y una gran falta de confianza. Por este motivo, los docentes en sus aulas ofrecen menos experiencias STEM, aun sabiendo que la Educación Primaria resulta un momento crítico para desarrollar el interés por las mismas.

Para solventar este problema, Perkins-Coppola (2019) realizó una investigación experimental, en la que juntó a estudiantes de ingeniería con estudiantes de magisterio para trabajar en colaboración, consiguiendo un significativo avance, en cuestiones de autoeficacia y confianza en el conocimiento de la ingeniería, de los futuros docentes.

Otros estudios, como los realizados por Kucuk y Sisman (2020), Zhang et al. (2021) o Romero-Rodríguez et al. (2023) demostraron que el uso de la robótica en la enseñanza de estos estudiantes mejoraba las actitudes STEM, poniendo especial énfasis en la brecha de género de los mismos, pues las estudiantes femeninas presentaban menor predisposición y autoconfianza para el aprendizaje de estas materias. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas sociodemográficas tras la formación recibida, lo que confirmó que las futuras maestras, después de una experiencia positiva con robótica, se encuentran con buena disposición para formarse en áreas STEM, contribuyendo a su inclusión en el ámbito.

Por todo ello, se planteó como objetivo del estudio identificar la influencia de los factores sociodemográficos en el conocimiento pedagógico, conocimiento STEM y conocimiento de las habilidades del siglo XXI de los docentes en formación. Con respecto al propósito general, se establecieron las siguientes cuestiones, las cuales orientaron y estructuraron el curso de la investigación:

RQ1. ¿Existieron diferencias significativas en el conocimiento pedagógico, conocimiento STEM y conocimiento de las habilidades del siglo XXI en función de los factores sociodemográficos?

RQ2. ¿Qué factores sociodemográficos influyeron en el conocimiento pedagógico, conocimiento STEM y conocimiento de las habilidades del siglo XXI?

RQ3. ¿Influyó el conocimiento pedagógico y conocimiento de las habilidades del siglo XXI en la predisposición a impartir materias de los ámbitos STEM (Science, Technology and Engineering)?

Método

Se realizó un estudio de corte transversal (Hernández et al., 2016), utilizando una encuesta autoadministrada distribuida en un solo momento entre los estudiantes matriculados en el Grado en Educación Infantil y el Grado en Educación Primaria de la Universidad de Granada durante el período académico 2024/2025.

El muestreo fue de conveniencia (Cochran y Díaz, 1980), invitando a participar a los grupos a los que se tuvo acceso, garantizando así la representatividad de la población. La muestra estuvo conformada por aquellos estudiantes que decidieron participar de manera voluntaria y respondieron al cuestionario administrado a través de *Google Forms*.

Participantes y procedimiento

Los participantes contestaron a preguntas sobre sus características sociodemográficas y la escala STEM PCK. Antes de iniciar el cuestionario, se les ofreció una explicación sobre los objetivos de la investigación, el manejo anónimo de los datos y el consentimiento informado. La investigación obtuvo la aprobación del Comité de Ética de la Universidad de Granada (registro 3168/CEIH/2023). La fase de recolección de datos se llevó a cabo en septiembre de 2024.

En concreto, la muestra se concretó en 352 mujeres y 84 hombres ($n = 436$), donde la edad se situó entre los 18 y 31 años ($M = 20.27$; $DT = 2.88$). La disparidad en la composición por género de la muestra se explica por las diferencias en la matriculación de hombres y mujeres en los grados de Magisterio en España. Así, el tamaño de la muestra se adapta adecuadamente a esta realidad, garantizando una representación precisa y adecuada. El resto de datos sociodemográficos puede consultarse en la Tabla 1.

Tabla 1

Datos sociodemográficos

	<i>n</i>	%
Sexo		
Hombre	84	19,3
Mujer	352	80,7
Edad		
18-19	222	50,9
20-35	214	49,1
Titulación		
Educación infantil	182	41,7
Educación primaria	254	58,3
Familia vinculada al STEM		
Sí	64	14,7
No	372	85,3

Nota: la categorización por edades se ha establecido sobre la base de la Organización Mundial de la Salud (OMS): menos de 20 años (adolescentes) y 20-35 años (adulto joven).

Instrumento

Se empleó la STEM Pedagogical Content Knowledge Scale (STEM PCK) desarrollada por Yildirim y Şahin (2019). Esta herramienta está compuesta por seis dimensiones: (a) conocimiento pedagógico, con 12 ítems; (b) conocimiento STEM, subdividido en

ciencias (8 ítems), tecnología (7 ítems), ingeniería (7 ítems) y matemáticas (8 ítems); y (c) conocimiento sobre habilidades del siglo XXI, con 14 ítems. En conjunto, la escala abarca 56 ítems, los cuales se responden mediante una escala Likert de cinco niveles, donde cinco equivale a "totalmente de acuerdo" y uno "totalmente en desacuerdo". La puntuación de la escala osciló entre 56 y 280 puntos (CP = 12-60; STEM = 30-150; 21st = 14-70), una mayor puntuación indicó un mayor grado de conocimiento pedagógico, conocimiento STEM y conocimiento de las habilidades del siglo XXI.

La STEMPCCK ha sido utilizada en diversos estudios, demostrando propiedades psicométricas sólidas y una alta consistencia interna (Gözüm et al., 2022; Rahman et al., 2022). En el presente estudio, la fiabilidad calculada mediante el coeficiente Alfa de Cronbach resultó ser excelente ($\alpha = .943$).

Análisis de datos

Se llevaron a cabo los análisis necesarios utilizando las herramientas estadísticas SPSS y Amos (versión 25, IBM Corp.). Se obtuvieron estadísticas descriptivas, como las medias y las desviaciones estándar, para cada variable sociodemográfica en relación con la escala STEMPCCK. Adicionalmente, se exploraron diferencias significativas entre los grupos sociodemográficos utilizando la prueba T para muestras independientes (RQ1).

En cambio, para las RQ2 y RQ3, se elaboró un modelo de ecuaciones estructurales mediante el análisis de trayectorias (path analysis), siguiendo la metodología sugerida por Stage et al. (2010). En el análisis de trayectorias, se vincularon las variables exógenas (como sexo, edad, titulación, curso y familia) junto a las variables endógenas (conocimiento pedagógico, conocimiento STEM y conocimiento de las habilidades del siglo XXI). Sin embargo, antes de aplicar el análisis de trayectorias, se calculó la normalidad de los datos a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) con corrección de Lilliefors para evaluar la normalidad univariada y la normalidad multivariada utilizando el coeficiente de Mardia (1970). Se consideraron adecuados los datos con valores de asimetría inferiores a tres y valores de curtosis menores a 10, siguiendo el criterio de Kline (2005).

Resultados

La muestra total obtuvo unos valores por encima de la media en la escala STEMPCCK ($M = 191.86$; $DT = 25.009$). Se realizaron análisis estadístico-descriptivos y se evaluaron las posibles diferencias significativas entre los factores sociodemográficos para cada grupo en función de los factores de la escala STEMPCCK, como se muestra en la Tabla 2. En concreto, en la variable sexo, la mayor puntuación media se situó en el grupo de hombres en conocimiento pedagógico y conocimiento STEM, mientras que el grupo de mujeres tuvo una media mayor en conocimiento de las habilidades del siglo XXI, solo se encontraron diferencias significativas en conocimiento STEM ($p = .000$). En la variable edad, la media más alta se situó en el grupo de edad de 18 y 19 años en conocimiento STEM y conocimiento de las habilidades del siglo XXI, en cambio el grupo

de 20-35 obtuvo mejores resultados en conocimiento pedagógico, siendo significativa la diferencia entre medias ($p = .041$). Respecto a la carrera cursada, los del grado en educación infantil presentaron una media mayor en conocimiento pedagógico y conocimiento de las habilidades del siglo XXI, por su parte los del grado en educación primaria obtuvieron una media mayor en conocimiento STEM, las diferencias significativas se encontraron en conocimiento pedagógico ($p = .002$). Finalmente, tener una familia dedicada al sector STEM fue condicionante de obtener mayor media en los tres tipos de conocimiento, aunque no hubo diferencias significativas entre grupos.

Tabla 2

Estadísticos descriptivos y diferencias entre grupos

	n	CP			STEM			21 st		
		M	DT	p	M	DT	p	M	DT	p
Sexo										
Hombre	84	48,35	6,40	.433	90,21	19,96	.000	60,90	5,79	.735
Mujer	352	47,73	6,42		81,13	19,37		61,17	6,69	
Edad										
18-19	222	47,23	6,13	.041	83,02	20,13	.885	61,36	6,27	.446
20-35	214	48,49	6,65		82,74	19,47		60,88	6,78	
Titulación										
Ed. Infantil	254	48,99	6,44	.002	82,32	18,69	.615	61,16	6,86	.907
Ed. primaria	182	47,04	6,28		83,29	20,56		61,09	6,28	
Familia STEM										
Sí	64	47,94	6,59	.907	85,27	16,74	.298	62,44	7,01	.081
No	372	47,84	6,39		82,47	20,25		60,90	6,42	

Nota: CP = Conocimiento Pedagógico; STEM = Conocimiento STEM; 21st = Conocimiento de las habilidades del siglo XXI.

Por su parte, los datos presentaron valores de asimetría (.247) y curtosis (.328) que sugirieron una distribución adecuada (<3 y <10, respectivamente). Se confirmó la normalidad de los datos mediante la prueba K-S con la corrección de Lilliefors, la cual indicó que seguían una distribución normal ($K-S = .039$; $gl = 434$; $p = <.115$). Asimismo, se verificó la normalidad multivariada de los datos, obteniendo un valor de Mardia de 5.948, el cual se sitúa por debajo del umbral $p^*(p+2)$. En este caso, p corresponde al número de variables observadas, que es 56, reflejando el total de ítems de la escala (Bollen, 1989).

Considerando los resultados de ajuste del modelo, es importante destacar que los índices de bondad de ajuste demostraron ser apropiados según los criterios establecidos para cada uno de ellos (Byrne, 2013), tal como se detalla en la Tabla 3.

El análisis de trayectorias reveló las relaciones entre los factores sociodemográficos y las diversas dimensiones de la STEMPCK. Se observaron conexiones entre el sexo, la edad, la titulación y la familia con respecto al conocimiento pedagógico, el conocimiento STEM y el conocimiento sobre habilidades del siglo XXI. Además, se identificó una relación entre el conocimiento pedagógico y el conocimiento de las habilidades del siglo XXI con las áreas STEM (Tabla 4). Los valores significativos

se establecieron entre género y conocimiento STEM ($p = .007$); grado y conocimiento pedagógico ($p = .004$); grado y conocimiento STEM ($p = .030$); conocimiento pedagógico y ciencia ($p = <.001$); conocimiento pedagógico y tecnología ($p = <.001$); conocimiento pedagógico e ingeniería ($p = <.001$); conocimiento de las habilidades del siglo XXI y ciencia ($p = <.001$); conocimiento de las habilidades del siglo XXI y tecnología ($p = <.001$); conocimiento de las habilidades del siglo XXI e ingeniería ($p = <.001$).

Tabla 3

Medidas de bondad de ajuste

Índice	Valor obtenido	Criterio
χ^2	34,831	
gl	16	
χ^2 /gl	2.17	≤ 3
GFI	.985	$\geq .90$
RMSEA	.042	$<.05$
NFI	.985	$\geq .90$
CFI	.992	$\geq .90$
AGFI	.948	$\geq .90$
SRMR	.051	$<.08$

Nota. gl = grados de libertad; GFI = Goodness-of-Fit Index; RMSEA = Root Mean Squared Error of Approximation; NFI = Normalised Fit Index; CFI = Comparative Fit Index; AGFI = Adjusted Goodness-of-Fit Index; SRMR = Standardized Root Mean-square.

Tabla 4

Estimaciones de los parámetros del modelo final

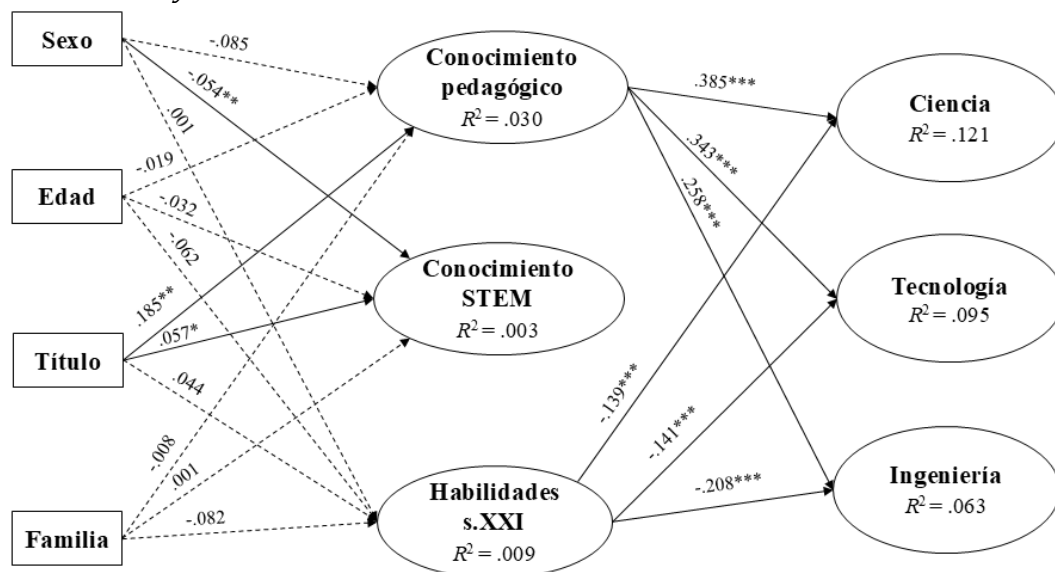
Asociación entre variables	RW	SE	RC	p	SRW
Sexo → Conocimiento pedagógico	-1,361	.804	-1,692	.091	-.085
Sexo → Conocimiento STEM	-2,705	.999	-2,709	.007	-.054
Sexo → Conocimiento habilidades s. XXI	.016	.838	.019	.985	.001
Edad → Conocimiento pedagógico	-.238	.791	-.301	.764	-.019
Edad → Conocimiento STEM	-1,263	.962	1,313	.189	-.032
Edad → Conocimiento habilidades s. XXI	-.804	.824	-.976	.329	-.062
Titulación → Conocimiento pedagógico	2,375	.828	2,869	.004	.185
Titulación → Conocimiento STEM	2,287	1,057	2,164	.030	.057
Titulación → Conocimiento habilidades s. XXI	.580	.862	.673	.501	.044
Familia → Conocimiento pedagógico	-.137	.844	-.162	.871	-.008
Familia → Conocimiento STEM	.028	1,031	.027	.978	.001
Familia → Conocimiento habilidades s. XXI	-1,503	.879	-1,710	.087	-.082
Conocimiento pedagógico → Ciencia	.360	.047	7,693	***	.385
Conocimiento pedagógico → Tecnología	.311	.046	6,759	***	.343
Conocimiento pedagógico → Ingeniería	.209	.042	4,999	***	.258
Conocimiento habilidades s. XXI → Ciencia	-.126	.031	-4,046	***	-.139
Conocimiento habilidades s. XXI → Tecnología	-.124	.031	-3,964	***	-.141
Conocimiento habilidades s. XXI → Ingeniería	-.164	.028	-5,822	***	-.208

Nota: RW = Regression Weights; SE = Standard Error; CR = Critical Ratio; SRW = Standardised Regression Weights; *** $p < .001$; $n = 436$.

La figura del análisis de trayectorias ilustró las interrelaciones entre los diferentes factores, destacando como constructos centrales el conocimiento pedagógico, el conocimiento STEM y el conocimiento de las habilidades del siglo XXI (Figura 1). Las relaciones establecidas destacaron la importancia de los factores que incidieron en las diversas dimensiones de la escala STEM PCK, evidenciando su significación. Cabe destacar que el coeficiente de determinación de cada constructo fue del 3% para conocimiento pedagógico ($R^2 = .030$), del 0,3% para conocimiento STEM ($R^2 = .003$), del 0,9% para conocimiento de las habilidades del siglo XXI ($R^2 = .009$), del 12,1% para ciencias ($R^2 = .121$), del 9,5% para tecnología ($R^2 = .095$) y del 6,3% para ingeniería ($R^2 = .063$).

Figura 1

Análisis de trayectorias



Nota: *Significativo en $p < .05$; ***Significativo en $p < .001$. Flecha discontinua = no significativo.

Discusión

Los resultados de este estudio proporcionan importantes hallazgos sobre la influencia de los factores sociodemográficos en el conocimiento pedagógico, el conocimiento STEM y de las habilidades del siglo XXI de los futuros docentes. En primer lugar, se identificaron diferencias significativas entre hombres y mujeres en cuanto al conocimiento STEM, donde los hombres obtuvieron puntuaciones significativamente más altas. Sin embargo, las mujeres mostraron un mejor desempeño en el

conocimiento sobre las habilidades del siglo XXI, lo que sugiere una división clara en la percepción y desarrollo de estas competencias según el género. Además, se encontró que la edad y la titulación cursada también influyeron en las áreas de conocimiento pedagógico y STEM, destacando la importancia de los factores personales y académicos en el desarrollo de competencias STEM.

En relación con estudios previos, los resultados coinciden con investigaciones que indican la persistente brecha de género en las áreas STEM (Almukhambetova et al., 2023; Barth et al., 2022; Bahr y Zinn, 2023). En esta línea, Hyseni et al. (2023) demostraron que los hombres suelen presentar una mayor confianza y autoeficacia en las materias STEM, lo que se refleja en los resultados de este estudio. Esta confianza puede estar arraigada en factores sociales y culturales que refuerzan la imagen de los hombres como más aptos para las disciplinas técnicas. A pesar de los avances hacia la igualdad de género, sigue existiendo una representación desproporcionada de hombres en los campos de ciencia y tecnología, lo cual puede estar perpetuando la brecha de conocimiento (Ludwig et al., 2024). No obstante, las mujeres destacaron en las habilidades del siglo XXI, lo que sugiere que, si bien pueden enfrentar obstáculos en áreas STEM, tienen fortalezas en competencias transversales que son esenciales para el contexto educativo actual. Esto respalda la idea de que las habilidades del siglo XXI, como el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y la resolución de problemas, son áreas donde las mujeres podrían tener un enfoque más desarrollado (Smith et al., 2022).

Un hallazgo relevante de este estudio es el impacto que puede tener un familiar vinculado a STEM en el conocimiento pedagógico y STEM de los futuros docentes. Los estudiantes con familiares en el ámbito STEM obtuvieron puntuaciones más altas en estas áreas, lo que refleja la importancia de la exposición temprana y el acceso a recursos que fomenten la comprensión de estas materias. Esto concuerda con las investigaciones de Zucker et al. (2021), quienes argumentan que los modelos de rol y el entorno familiar son determinantes en la elección de carreras y la disposición hacia las ciencias y la tecnología. Tener un familiar en STEM podría facilitar una mayor familiaridad con estos conceptos desde edades tempranas, lo que podría traducirse en una mayor autoconfianza en el conocimiento pedagógico y STEM. Sin embargo, en este estudio no se encontraron diferencias significativas en relación con este factor, lo que sugiere que, aunque existe una tendencia hacia mejores resultados, otros factores también influyen en el desarrollo de estas competencias.

Otro aspecto interesante es la relación entre la edad y el conocimiento pedagógico. Los estudiantes de mayor edad obtuvieron mejores resultados en esta área en comparación con los más jóvenes, lo que puede indicar una mayor madurez cognitiva y experiencia educativa acumulada. En cambio, los estudiantes más jóvenes destacaron en el conocimiento STEM y en las habilidades del siglo XXI, lo cual podría estar relacionado con su exposición más reciente a tecnologías emergentes y enfoques educativos innovadores. Este hallazgo es importante, ya que sugiere que las generaciones más jóvenes pueden estar más preparadas para enfrentar los desafíos educativos del siglo XXI, especialmente en lo que respecta al uso de la tecnología y la integración de STEM en el aula (Romero-Rodríguez et al., 2023).

En cuanto a la titulación cursada, los estudiantes de educación infantil destacaron en el conocimiento pedagógico, mientras que los de educación primaria lo hicieron en el conocimiento STEM. Esta diferencia puede estar relacionada con la naturaleza de los planes de estudio de cada titulación, donde los estudiantes de educación infantil suelen recibir una formación más profunda en aspectos pedagógicos y de desarrollo infantil, mientras que los de educación primaria tienen un mayor enfoque en las materias curriculares, incluyendo STEM. Esto pone de relieve la necesidad de adaptar los programas formativos para equilibrar el desarrollo de competencias pedagógicas y STEM en ambos grados, garantizando que todos los futuros docentes estén igualmente preparados para integrar estas áreas en sus prácticas profesionales (Johnson et al., 2021).

En este sentido, es crucial que los programas de formación docente incluyan más oportunidades prácticas para mejorar la confianza y el dominio conceptual en STEM, tal como demostró Perkins-Coppola (2019) al promover colaboraciones entre estudiantes de ingeniería y magisterio. Además, estudios como los de Kucuk y Sisman (2020) y Romero-Rodríguez et al. (2023) sugieren que el uso de herramientas como la robótica puede ser eficaz para aumentar tanto la autoeficacia como el interés por estas materias entre los futuros docentes, superando las diferencias iniciales entre titulaciones. Esto subraya la necesidad de reformular los programas educativos para ofrecer una formación más equilibrada y práctica, que no solo fortalezca el conocimiento pedagógico, sino que también prepare a los maestros para impartir de manera efectiva las disciplinas STEM en ambos grados.

En esta misma línea, se encuentra el hecho de que el conocimiento pedagógico influyó significativamente en las áreas de ciencia, tecnología e ingeniería, destacando y reforzando la idea sobre la importancia de una sólida formación pedagógica para enseñar eficazmente materias STEM. Sin embargo, tal como señala Anđić et al. (2024), la formación de los docentes en estos ámbitos sigue siendo insuficiente, lo que puede generar aprensión y una falta de confianza para enseñar STEM de manera integrada y efectiva. Por tanto, es fundamental que los futuros docentes reciban una formación pedagógica específica en ciencia, tecnología e ingeniería que no solo les proporcione un conocimiento técnico, sino también las herramientas pedagógicas necesarias para integrar estas disciplinas de manera coherente y atractiva en el aula, tal como sugiere Sokoll-Bauer (2023).

Finalmente, el hecho de que el conocimiento de las habilidades del siglo XXI influyera significativamente en la enseñanza de la ciencia, tecnología e ingeniería resalta la importancia de estas competencias para una educación STEM efectiva. La capacidad de los docentes para integrar habilidades como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la colaboración es esencial para transmitir de manera adecuada los contenidos STEM, tal como lo señala Ibrahim et al. (2024). Sin embargo, una formación inicial insuficiente, influenciada por factores sociodemográficos, puede limitar el desarrollo de estas competencias en los futuros docentes (Claro et al., 2024). Además, factores como el género y la edad también pueden afectar las formas en que los docentes abordan la enseñanza de estas disciplinas, tal como afirma Adewale (2024). Para abordar estas carencias, es crucial que los programas de formación

docente incluyan un enfoque específico en las habilidades del siglo XXI, no solo para aumentar la confianza de los maestros, sino también para mejorar su capacidad de impartir materias STEM de manera dinámica e innovadora. Esta formación debe estar diseñada para que los docentes comprendan el valor de estas competencias y las integren en la enseñanza de ciencia, tecnología e ingeniería, preparando así a los estudiantes para enfrentar los desafíos del siglo XXI.

Conclusiones

Los resultados de este estudio tienen implicaciones importantes tanto a nivel teórico como práctico. Desde una perspectiva teórica, los hallazgos confirman la relevancia de los factores sociodemográficos en el desarrollo de competencias en los futuros docentes, particularmente en áreas clave como el conocimiento pedagógico, STEM y de las habilidades del siglo XXI. Este estudio añade evidencia al creciente cuerpo de literatura que aboga por la necesidad de adoptar enfoques más inclusivos y equitativos en la formación inicial docente, asegurando que todos los estudiantes, independientemente de su género, edad o contexto familiar, tengan las mismas oportunidades de desarrollar competencias clave para el siglo XXI.

En términos prácticos, los resultados subrayan la importancia de diseñar programas de formación docente que aborden explícitamente las disparidades de género en el conocimiento STEM y fomenten un mayor interés y confianza en estas áreas entre las mujeres. Además, se deben implementar estrategias pedagógicas que integren mejor las habilidades del siglo XXI en el currículo, dado que estas competencias serán esenciales para el éxito de los futuros docentes en el contexto educativo actual. Las universidades y las instituciones formadoras de docentes también deben prestar especial atención a la creación de oportunidades de aprendizaje que expongan a los estudiantes a experiencias prácticas en STEM, promoviendo una mayor autoconfianza y disposición hacia la enseñanza de estas materias.

Es importante destacar algunas limitaciones del estudio. En primer lugar, el uso de un muestreo de conveniencia limita la capacidad de generalizar los resultados a otras poblaciones, ya que los participantes provienen de una única universidad. Además, el enfoque transversal del estudio impide establecer relaciones causales entre los factores sociodemográficos y las competencias evaluadas. En futuros estudios, sería valioso utilizar un diseño longitudinal que permita observar cómo evoluciona el conocimiento pedagógico, STEM y de habilidades del siglo XXI a lo largo del tiempo y en diferentes contextos educativos.

Finalmente, futuras investigaciones deberían explorar la influencia de otros factores contextuales, como el acceso a la tecnología o la calidad de la formación docente, en el desarrollo de competencias STEM y pedagógicas. Además, sería interesante investigar cómo la introducción de enfoques pedagógicos innovadores, como la robótica educativa o la realidad virtual, puede ayudar a reducir las disparidades en el conocimiento y la disposición hacia la enseñanza STEM, especialmente entre las mujeres y otros grupos subrepresentados en estas áreas.

En conclusión, este estudio proporciona una visión valiosa sobre cómo los factores

sociodemográficos influyen en el conocimiento pedagógico y STEM de los futuros docentes, subrayando la necesidad de adoptar enfoques más equitativos e inclusivos en la formación docente. Las implicaciones de estos resultados son claras: es necesario continuar avanzando hacia un sistema educativo que promueva la equidad en el acceso y la participación en STEM, y que prepare a los futuros docentes para enfrentar los desafíos educativos del siglo XXI de manera efectiva y equitativa.

Agradecimientos

Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i Formación inicial de maestras para prevenir la brecha de género mediante educación STEM y robótica (FIMER) (Referencia: C-SEJ-009-UGR23), cofinanciado por la Consejería de Universidad, Investigación e Innovación y por la Unión Europea con cargo al Programa FEDER Andalucía 2021-2027.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Los financiadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio; en la recopilación, análisis o interpretación de datos; en la redacción del manuscrito, o en la decisión de publicar los resultados.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, I.T.G y M.R.N.P.; metodología, J.M.R.R.; software, M.R.N.P.; validación, I.A.D., J.M.R.R. y I.T.G.; análisis formal, I.A.D. y J.M.R.R.; investigación, I.T.G y J.M.R.R.; recursos, M.R.N.P.; análisis de datos, I.T.G. y J.M.R.R.; redacción del borrador original, I.T.G. y M.R.N.P.; redacción, revisión y edición, I.A.D. y J.M.R.R.; supervisión, I.A.D.; administración de proyectos, J.M.R.R.; adquisición de financiación, I.A.D y J.M.R.R.

Referencias

- Adewale, S. (2024). The Nexus Between Teachers' Demographic Characteristics and Utilization of 21st Century Collaborative Teaching Strategies in Classrooms. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 23(6), 488-503. <http://dx.doi.org/10.26803/ijlter.23.6.22>
- Almukhambetova, A., Torrano, D. H., y Nam, A. (2023). Fixing the leaky pipeline for talented women in STEM. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(1), 305–324. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10239-1>
- Anđić, B., Maričić, M., Mumcu, F., Prodromou, T., Leoste, J., Saimon, M., y Lavicza, Z. (2024). Direct and indirect instruction in educational robotics: a comparative study of task performance per cognitive level and student perception. *Smart Learn. Environ*, 11(12), 1-27. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00298-6>
- Bahr, T., y Zinn, B. (2023). Gender differences in the new interdisciplinary subject informatik, mathematik, physik (IMP)—Sticking with STEM? *Education Sciences*, 13(5). <https://doi.org/10.3390/educsci13050478>
- Balta, N., Japashov, N., Karimova, A., Agaidarova, S., Abisheva, S., y Potvin, P. (2023). Middle and high school girls' attitude to science, technology, engineering, and mathematics career interest across grade levels and school types. *Frontiers in Education*, 8, 1158041. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1158041>

- Barth, J. M., Masters, S. L., y Parker, J. G. (2022). Gender stereotypes and belonging across high school girls' social groups: Beyond the STEM classroom. *Social Psychology of Education*, 25(1), 275–292. <https://doi.org/10.1007/s11218-021-09683-2>
- Bollen, K. A. (1989). *Structural equations with latent variables*. John Wiley y Sons. <http://dx.doi.org/10.1002/9781118619179>
- Building Engineering y Science Talent (2004). The talent imperative: diversifying America's science and engineering workforce. Retrieved from http://aweonline.org/arp_infosheet_talent_crisis_in_sande_001.pdf
- Byrne, B. M. (2013). *Structural Equation Modeling With AMOS: Basic Concepts, Applications, and Programming, Second Edition Multivariate Applications Series*. Taylor y Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203805534>
- Claro, M., Castro-Grau, C., Ochoa, J. M., Hinostroza, J. E., y Cabello, P. (2024). Systematic review of quantitative research on digital competences of in-service school teachers. *Computers y Education*, 215, 105030. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105030>
- Cochran, W. G., y Díaz, E. C. (1980). *Técnicas de muestreo*. Compañía Editorial Continental.
- Daniela, L., Kristapsone, S., Kraġe, G., Belogradova, L., Vorobjovs, A., y Krone I. (2022). Searching for Pedagogical Answers to Support STEM Learning: Gender Perspective. *Sustainability*, 14(21), 14598. <https://doi.org/10.3390/su142114598>
- Gözüm, A. İ. C., Papadakis, S., y Kalogiannakis, M. (2022). Preschool teachers' STEM pedagogical content knowledge: A comparative study of teachers in Greece and Turkey. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.996338>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2016). *Metodología de la investigación (6ª edición)*. McGraw-Hill – Interamericana de México.
- Heybach, J., y Pickup, A. (2017). Whose STEM? disrupting the gender crisis within STEM. *Educational Studies*, 53(6), 614–627. <https://doi.org/10.1080/00131946.2017.1369085>
- Hill, R. L., y Allen, K. (2021). 'Smash the patriarchy': The changing meanings and work of 'patriarchy' online. *Feminist Theory*, 22(2), 165–189. <https://doi.org/10.1177/1464700120988643>
- Hiwatig, B., Roehrig, G., y Rouleau, M. (2024). Unpacking the nuances: an exploratory multilevel analysis on the operationalization of integrated STEM education and student attitudinal change. *Discip Interdiscip Sci Educ Res*, 6(18). <https://doi.org/10.1186/s43031-024-00108-6>
- Holincheck, N. M., y Galanti, T. M. (2023). Applying a model of integrated STEM teacher identity to understand change in elementary teachers' STEM self-efficacy and career awareness. *School Science and Mathematics*, 123(6), 234–248. <https://doi.org/10.1111/ssm.12610>
- Hyseni Duraku, Z., Hoxha, L., Konjufca, J., Blakaj, A., Bytyqi, B., Mjekiqi, E., y Bajgora, S. (2023). Test anxiety's influence on attitudes, confidence and efficacy in STEM

- courses: a pilot study. *Journal of Research in Innovative Teaching y Learning*, 2397-7604. <https://doi.org/10.1108/JRIT-06-2023-0077>
- Ibrahim, N., Mohamed, M., Seshaiyer, P., Rasid, N. S. M., Dalim, S. F., Salleh, M. F. M., ..., y Yusoff, M. M. M. (2024). Enhancing Prospectives Educators' Readiness Through Multidisciplinary Collaboration in STEM Education: An Analysis of Students Enrolled in Science and Mathematics Majors at a Public University in Malaysia. *Asian Journal of University Education*, 20(2), 303-315. <https://doi.org/10.24191/ajue.v20i2.27000>
- Johnson, T. M., Byrd, K. O., y Allison, E. R. (2021). The impact of integrated STEM modeling on elementary preservice teachers' self-efficacy for integrated STEM instruction: A co-teaching approach. *School science and mathematics*, 121(1), 25-35. <https://doi.org/10.1111/ssm.12443>
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling (2nd ed.)*. Guilford.
- Kuchynka, S.L., Eaton, A., y Rivera, L.M. (2022). Understanding and Addressing Gender-Based Inequities in STEM: Research Synthesis and Recommendations for U.S. K-12 Education. *Social Issues and Policy Review*, 16(1), 252-288. <https://doi.org/10.1111/sipr.12087>
- Kucuk, S., y Sisman, B. (2020). Students' attitudes towards robotics and STEM: Differences based on gender and robotics experience. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 23, 100167. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2020.100167>
- Ludwig, C. M., Howsmon, R. A., Stromholt, S., Valenzuela, J., Calder, R., y Baliga, N. (2024). Consequential insights for advancing informal STEM learning and outcomes for students from historically marginalized communities. *Humanit Soc Sci Commun*, 11(351). <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02797-w>
- Mardia, K. V. (1970). Measures of multivariate skewness and kurtosis with applications. *Biometrika*, 57(3), 519-530. <https://doi.org/10.1093/BIOMET/57.3.519>
- Msambwa, M. M., Daniel, K., Lianyu, C., y Antony, F. (2024). A Systematic Review Using Feminist Perspectives on the Factors Affecting Girls' Participation in STEM Subjects. *Science y Education*, 1-32. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00524-0>
- National Institutes of Health (2019). Notice of NIH's interest in diversity - NOT-OD-20-031. Retrieved from <https://grants.nih.gov/grants/guide/notice-files/NOT-OD-20-031.html>
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- National Science and Technology Council (2021). Best practices for diversity and inclusion in STEM education and research: a Guide by and for federal agencies.
- Nugroho, O.F., Permanasari, A., y Firman, H. (2021). The importance of STEM based education in Indonesia curriculum. *Pedagonal: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 5(2), 56-61. <https://doi.org/10.33751/pedagonal.v5i2.3779>

- Perkins-Coppola, M. (2019). Preparing preservice elementary teachers to teach engineering: Impact on self-efficacy and outcome expectancy. *School Science and Mathematics*, 119(3), 161-170. <https://doi.org/10.1111/ssm.12327>
- Rahman, N. A., Rosli, R., Rambely, A. S., Siregar, N. C., Capraro, M. M., y Capraro, R. M. (2022). Secondary school teachers' perceptions of STEM pedagogical content knowledge. *Journal on Mathematics Education*, 13(1), 119-134. <https://doi.org/10.22342/jme.v13i1.pp119-134>
- Romero-Rodríguez, J. M., De La Cruz-Campos, J. C., Ramos-Navas-Parejo, M., y Martínez-Domingo, J. A. (2023). Robótica educativa para el desarrollo de la competencia STEM en maestras en formación. *Bordón, Revista de Pedagogía*, 75(4), 75-92. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2023.97174>
- Smith, G., Fulwider, C., Liu, Z., Lu, X., Shute, V. J., y Li, J. (2022). Examining Students' Perceived Competence, Gender, and Ethnicity in a Digital STEM Learning Game. *International Journal of Game-Based Learning (IJGBL)*, 12(1), 1-17. <http://doi.org/10.4018/IJGBL.294013>
- Sokoll-Bauer, A. (2023). *STEM Literacy: Pre-Service Elementary Teachers' Conceptualization of Trans-And Interdisciplinary Integrated Stem Learning*. ProQuest LLC. [PhD thesis] University of Nebraska, Lincoln.
- Stage, F. K., Carter, H. C., y Nora, A. (2010). Path Analysis: An Introduction and Analysis of a Decade of Research. *The Journal of Educational Research*, 98(1), 5-13. <https://doi.org/10.3200/JOER.98.1.5-13>
- Washington State STEM Education Innovation Alliance (2019). 2020 STEM Education Report Card.
- Yıldırım, B., y Şahin, E. (2019). STEM Pedagogical Content Knowledge Scale (STEMPCK): A validity and reliability study. *Journal of STEM Teacher Education*, 53(2), Article 2. <https://doi.org/10.30707/JSTE53.2Yildirim>
- Zhang, Y., Luo, R., Zhu, Y., y Yin, Y. (2021). Educational robots improve K-12 students' computational thinking and STEM attitudes: systematic review. *Journal of Educational Computing Research*, 59(7), 1450-1481. <https://doi.org/10.1177%2F0735633121994070>
- Zucker, T. A., Montroy, J., Master, A., Assel, M., McCallum, C., y Yeomans-Maldonado, G. (2021). Expectancy-value theory y preschool parental involvement in informal STEM learning. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 76, 101320. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2021.101320>