



ACTITUDES HACIA LA CIENCIA EN LA EDUCACIÓN STEM: DESARROLLO DE UNA ESCALA PARA LA DETECCIÓN Y FOMENTO DE VOCACIONES TEMPRANAS

ATTITUDES TOWARDS SCIENCE IN STEM EDUCATION: CONSTRUCTION OF A SCALE TO IDENTIFY AND PROMOTE EARLY VOCATIONS

Olga Martín Carrasquilla¹

Universidad Pontificia Comillas. Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Madrid, España

Isabel Muñoz San Roque

Universidad Pontificia Comillas. Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Madrid, España

Elsa Santaolalla Pascual

Universidad Pontificia Comillas. Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Madrid, España

RESUMEN

Este artículo describe el proceso de construcción y desarrollo de la escala ACESTEM para medir las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en estudiantes de edades entre los 10 y 14 años. Después de realizar la validez de contenido por juicio de expertos, se procedió al análisis factorial exploratorio (AFE) de la escala en una muestra de 408 estudiantes (210 chicas y 198 chicos) que ofreció una estructura de cuatro factores (Gusto por la ciencia, Interés profesional por la ciencia, Autoeficacia y Utilidad percibida de la ciencia) con 24 ítems y un Omega de McDonald con una fiabilidad de 0.909. El posterior análisis confirmatorio (AFC) realizado en una muestra diferente de 295 estudiantes (114 chicas y 181 chicos) confirmó la estructura de cuatro factores, obteniendo unos índices de ajuste satisfactorios con un Omega de McDonald de 0.917, quedando una escala de 21 ítems. El análisis de los resultados permite constatar una disminución del interés del alumnado por la ciencia a medida que avanza la edad, así como la influencia de la madre con

¹ Correspondencia: Olga Martín-Carrasquilla. Correo-e: olmartin@comillas.edu

profesión STEM sobre la autoeficacia, especialmente en las alumnas. La escala ACESTEM puede ayudar al profesorado y al equipo de orientación educativa a determinar las creencias de los estudiantes que afectan a las decisiones relevantes sobre la elección de posibles itinerarios relacionados con la Educación STEM, así como a promover acciones que impactarían positivamente en la calidad de la enseñanza para conseguir una Educación STEM para todos.

Palabras clave: Educación STEM, actitudes hacia la ciencia, educación primaria, orientación pedagógica, orientación profesional.

ABSTRACT

This article describes the process of construction and development of the ACESTEM scale to measure attitudes towards science in STEM Education in students between the age of 10 and 14. After performing content validity by expert judgment, an exploratory factor analysis (EFA) of the scale was carried out in a sample of 408 students (210 girls and 198 boys). This offered a structure of four factors (Liking for science, Professional interest in science, Self-efficacy and Perceived usefulness of science) with 24 items and a McDonald's Omega with a reliability of .909. The subsequent confirmatory analysis (CFA) carried out on a different sample of 295 students (114 girls and 181 boys) confirmed the four-factor structure, obtaining satisfactory fit indices and a McDonald's Omega with a reliability of .917, leaving a 21-item scale. The analysis of the results allows us to verify a decrease in the interest of students in science as they grow older, as well as the influence of the mother with a STEM profession on self-efficacy, especially in female students. The ACESTEM scale can help teachers and guidance practitioners in educational centers to identify those students' beliefs that affect relevant decisions about the choice of possible itineraries related to STEM Education, as well as to promote actions that would have a positive impact on the quality of teaching to achieve STEM Education for all.

Key Words: STEM Education, Elementary Education, Professional Identity, Scientific Attitudes, Vocational Interests.

Cómo citar este artículo:

Martín Carrasquilla, O., Muñoz San Roque, I. y Santaolalla Pascual, E. (2023). Actitudes hacia la ciencia en la educación STEM: desarrollo de una escala para la detección y fomento de vocaciones tempranas. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 34(1), 122-140. <https://doi.org/10.5944/reop.vol.34.num.1.2023.37421>

Introducción

Las investigaciones sobre las actitudes hacia la ciencia en la Educación científica, tecnológica, ingenieril y matemática (STEM) se han convertido en una temática de interés creciente por las repercusiones que estas tienen en los procesos de enseñanza-aprendizaje (Archer et al., 2020), en

la toma de decisiones del alumnado sobre su futuro (Vázquez y Blanco, 2019), en la motivación (Toma, 2021) y por favorecer el desarrollo de las dimensiones indagadoras, cooperativas, creativas, reflexivas y críticas de los ciudadanos y las ciudadanas (UNESCO, 2019; Greca et al., 2021).

El estudio de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM muestra discrepancias entre las necesidades sociales, que demandan una mayor alfabetización científica, tecnológica y matemática de los ciudadanos para enfrentar los desafíos económicos, ambientales y tecnológicos que plantea el siglo XXI (Mpofu, 2020), y el decreciente número de niños y, sobre todo, niñas que deciden seguir itinerarios formativos relacionados con las ocupaciones STEM (Sáinz, 2020). En este sentido, se han realizado numerosos análisis relacionados con el continuo descenso de alumnos y alumnas que eligen estudios vinculados a ámbitos científicos tal y como ponen de manifiesto diferentes investigaciones como el informe PISA (OECD, 2018), The White House (2018) y el Ministerio de Universidades (2020). Algunos autores apuntan a que se han descuidado los aspectos afectivos y que el origen de las decisiones relacionadas con no realizar estudios STEM en el futuro puede encontrarse en las actitudes negativas hacia la ciencia, las matemáticas y la tecnología, adquiridas a lo largo de toda la escolaridad (Vázquez y Blanco-Blanco, 2019).

Numerosos estudios reconocen que las actitudes tienen un papel relevante en la alfabetización en STEM y que promover la motivación y el interés por la Educación STEM puede aumentar la proporción de alumnos (y especialmente de alumnas) que podrían considerar dedicarse a una profesión STEM en el futuro (Denessen et al., 2015). Además, otros estudios como los de Tai et al. (2006) concluyen que las aspiraciones con la posible elección de un determinado itinerario relacionado con la Educación STEM comienzan a construirse durante la infancia y que existe una fuerte relación positiva entre las experiencias del alumnado con la ciencia y las matemáticas en la escuela y la elección de futuros estudios en las disciplinas STEM (Larkin y Jorgensen, 2016). Por este motivo, investigadoras como Savinskaya (2017) consideran que la formación en Educación STEM debe iniciarse en edades tempranas incluso antes de la Primaria para garantizar una actitud positiva hacia dichos estudios.

Precisamente el interés por la Educación STEM, unido a la necesidad por conocer cuáles son las claves que pueden llevar a un estudiante a interesarse por ella, han sido los puntos de partida de esta investigación que tiene como prioridad diseñar un instrumento objetivo, fiable y válido, con las adecuadas características psicométricas, que mida las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en niños y niñas españoles de edades comprendidas entre los 10 y los 14 años ya que la mayoría de los estudios han focalizado su atención en la Educación Secundaria. Este instrumento podrá ayudar al profesorado y a los orientadores a promover acciones para que los estudiantes no desestimen desde edades tempranas, seguir itinerarios relacionados con la Educación STEM tanto en la Formación Profesional como en la Universidad (López-Cózar et al., 2020).

El diseño y la construcción de un instrumento con las adecuadas características psicométricas para medir las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en niños y niñas de 10 a 14 años ha supuesto analizar el significado del constructo actitudes hacia la ciencia y reflexionar sobre las dificultades que presentan los instrumentos que miden las actitudes del alumnado hacia la ciencia expuestas por diferentes autores.

En este sentido, las primeras revisiones sobre los instrumentos para medir actitudes se publican entre 1969 y 2003. Munby (1983) evalúa 56 instrumentos elaborados entre 1967 y 1977, poniendo de manifiesto no solo la variedad de concepciones que existen sobre qué se entiende sobre el constructo actitudes hacia la ciencia, sino la falta de validez y fiabilidad de algunos instrumentos, así como los problemas de contenido de los mismos. Su análisis concluye con la recomendación de siete instrumentos que según este autor siguen presentando problemas de validez de contenido.

Posteriormente se realizan otras revisiones que enumeran o describen los instrumentos disponibles como la de Blalock et al. (2008). Estos últimos llevan a cabo una exhaustiva revisión de 66 instrumentos sobre las actitudes hacia la ciencia publicados hasta el año 2005. Este estudio sirve, de entrada, para volver a mostrar algunas inquietudes metodológicas, como son la falta de

fiabilidad y validez de casi la mitad de los instrumentos evaluados (42%), la calidad deficiente de algunos de los estudios, la indiferencia por los datos faltantes y el predominio de instrumentos que se utilizan en un solo estudio (56%).

Potvin y Hasni (2014) realizan una descripción de 228 artículos de investigación publicados entre 2000 y 2012 e indexados en la base de datos ERIC sobre cómo varían el interés, la motivación y la actitud hacia la ciencia y la tecnología desde la educación infantil hasta el final de la escuela secundaria, incidiendo en la elevada cantidad de instrumentos que no presentan datos relativos a su validez y fiabilidad. También ponen de manifiesto la falta de claridad en la definición del constructo actitud hacia la ciencia que parece incluir muchos subconstructos.

Por último, Summers y Abd-El-Khalick (2018), revisan 17 instrumentos aportando datos sobre su fiabilidad y validez, señalando que muchos de ellos no parecen aptos para su objetivo.

Puesto que gran parte de los instrumentos ya desarrollados presentan un diseño deficiente o no abordan adecuadamente las cuestiones de fiabilidad y validez, se decidió analizar las limitaciones de los instrumentos existentes y desarrollar una escala que permita la evaluación y el análisis de las actitudes hacia la ciencia de estudiantes españoles de 10 a 14 años para facilitar la orientación y el fomento de vocaciones tempranas hacia el ámbito STEM en los centros educativos.

Método

La investigación se llevó a cabo a través de un diseño transversal no experimental (ex post-facto) y una metodología de tipo cuantitativo. El enfoque que se utiliza en el proceso de construcción de la escala es de corte hipotético-deductivo, primero fundamentado en fuentes teóricas y, después, mediante la realización de una validación de constructo en base a una estructura con diferentes factores.

Muestra

La exploración de la fiabilidad, la validez y la estructura factorial del instrumento que se ha diseñado ha supuesto utilizar dos muestras diferentes. Con la primera se trata de analizar de forma exploratoria la estructura subyacente a los ítems de la escala y con la segunda, se pretende confirmar que dicha estructura se ajusta a lo postulado en la teoría y que se mantiene con una muestra diferente pero comparable por edad y sexo, tal y como sugiere Lorenzo-Seva (2021).

La primera muestra está formada por 408 estudiantes de edades comprendidas entre los 10 y los 14 años que cursaban 5.º y 6.º de Educación Primaria y 1.º y 2.º de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) de tres centros de la Comunidad de Madrid de titularidad pública ($N = 147$), concertada ($N = 113$) y privada ($N = 148$). En esta muestra, el número de chicas de 210 (51.4%) es algo superior al de chicos de 198 (48.5%). El mayor número de estudiantes correspondió a 1.º ESO (12 y 13 años), siendo de 131 y el menor a 6.º de Educación Primaria (11 y 12 años) con un total de 87. En todos ellos, excepto en 6.º de Educación Primaria (49 chicos y 38 chicas), el número de chicas es ligeramente superior al de chicos.

Para el Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) se utiliza una muestra de estudiantes diferente a la del Análisis Factorial Exploratorio (AFE) compuesta por 295 estudiantes (114 chicas y 181 chicos)

de edades comprendidas entre los 10 y los 14 años. De estos, 38 pertenecen a un centro concertado de la Comunidad de Madrid y el resto forman parte del alumnado asistente a un Campus Tecnológico de verano. A pesar de que la muestra no es muy numerosa, Rojas-Torres (2020) justifica el uso del AFC con muestras de 200 sujetos, indicando que no afecta en gran medida a la robustez de los índices de ajuste clásicos.

Diseño del instrumento

El objetivo de construir una escala para medir las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM en estudiantes españoles de 10 a 14 años implicó un proceso inicial de análisis de los instrumentos existentes y permitió seleccionar y estudiar con detalle aquellos que se consideran esenciales, base y fundamento del nuestro.

Entre estos instrumentos destacamos la escala *Three-Dimensions of Student Attitudes Towards Science* (TDSAS) desarrollada por Zhang y Campbell (2011) para investigar las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes de Primaria en China. Este instrumento, aceptable en cuanto a consistencia interna y con una fiabilidad alta (alfa de Cronbach de .88-.91), consta de 28 ítems. El análisis factorial confirmatorio muestra la existencia de tres dimensiones: el afecto de los estudiantes hacia la ciencia, el juicio cognitivo de los estudiantes basado en sus valores y creencias sobre la ciencia y las tendencias de comportamiento de los estudiantes en el aprendizaje de la ciencia

Otro de los instrumentos con evidencia empírica a nivel de validez y fiabilidad (alfa de Cronbach de .93) es el *Asian Student Attitudes Toward Science Class Survey* (ASATSCS) de Wang y Berlin (2010). Consta de 30 ítems y permite analizar las actitudes hacia la clase de ciencias de los estudiantes de cuarto y quinto grado (9 a 11 años) en una cultura escolar asiática. Fue construido para medir las tres dimensiones de actitud científica (disfrute de la ciencia, la confianza en la ciencia y la importancia de la ciencia).

Asimismo, otro instrumento válido y confiable es el *School Science Attitude Survey* (SSAS) de Kennedy et al. (2016). Estos autores examinan el perfil actitudinal del alumnado en el área de la ciencia escolar a través de diez ítems que abordan las seis construcciones sobre actitudes hacia la ciencia más comunes recogidas en la literatura científica: intención para la futura matriculación en ciencias, disfrute, dificultad, autoeficacia en la ciencia escolar, utilidad y relevancia de la ciencia escolar.

También la escala para estudios transversales denominada *Behaviors, Related Attitudes, and Intentions toward Science* (BRAINS) diseñada por Summers y Abd-El-Khalick (2018) aborda la evaluación de las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia. Este es un instrumento de 30 ítems con cinco factores y un buen ajuste estadístico, incluyendo un error cuadrático medio de aproximación (RMSEA) de .04 y un índice de ajuste comparativo (CFI) de .95. Las cinco construcciones del instrumento son: actitud hacia las diferentes facetas de la ciencia en lo que respecta a la vida de los estudiantes, creencias conductuales, control conductual percibido, intención hacia el comportamiento y creencias normativas.

Además de la revisión de los principales instrumentos que sobre la actitud hacia la ciencia muestran características psicométricas aceptables en el periodo de edades en el que se realiza la investigación (10 a 14 años) se prestó una especial atención a la investigación desarrollada en muestras de estudiantes españoles. De esta manera el TOSRA propuesto por Navarro et al. (2016) para hispano hablantes de la etapa de secundaria, aporta datos de fiabilidad y validez de constructo.

Como resultado del análisis de las dimensiones de las diferentes escalas y de los ítems de las mismas, se construyó una primera versión del instrumento en el que se estructuró el constructo

Actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM (ACESTEM) en cinco dimensiones y 68 ítems determinados por el análisis de la literatura. La mayoría de los ítems se redactaron en términos afectivos o de creencia, recogiendo o modificando elementos de los principales instrumentos analizados correspondientes a las siguientes dimensiones:

- **Gusto por la ciencia.** Se relaciona con el agrado o el disfrute que provoca aprender, hacer ciencia o asistir a actividades relacionadas con la ciencia. Esta dimensión aún con otras denominaciones está presente en la mayoría de las escalas analizadas (TOSRA, ASATSCS, TDSAS, SSAS y BRAINS).
- **Interés profesional por la ciencia.** Esta dimensión considera la voluntad que el alumnado tiene de realizar estudios en un futuro relacionados con la ciencia o de dedicarse a una profesión relacionada con la misma. Está presente en el TOSRA, el TDSAS, el SSAS y en el BRAINS.
- **Autoeficacia.** Esta dimensión aparece en el ASATSCS, en el SSAS y en el BRAINS pero el TOSRA no la incluye. Hemos considerado importante incorporarla porque la autoeficacia se relaciona con las creencias y percepciones que el alumnado tiene sobre sus propias capacidades para comprender, aprender y hacer ciencia.
- **Utilidad percibida de la ciencia.** En este caso se incluyen ítems que permiten valorar la relevancia social otorgada por el alumnado a la ciencia y a los científicos y las científicas. Esta dimensión está presente en el TOSRA, el ASATSCS, el TDSAS, el SSAS y en el BRAINS.
- **Acciones de los referentes importantes para el alumnado.** Esta es una dimensión que solo aparece en el BRAINS pero que hemos considerado incluirla ya que valora el apoyo que el alumnado recibe de la familia, los profesores y los compañeros relacionado con si debiera o no, seguir estudiando ciencia. Refleja la percepción que tiene el sujeto del tipo de conductas que los demás esperan que realice o se abstenga de realizar.

Por último, una vez determinadas las dimensiones y los ítems asociados a cada una de ellas se estructuró conceptualmente el cuestionario en tres partes diferenciadas: una primera que contenía los datos sociodemográficos, otra con preguntas sobre el autoconcepto académico y la autopercepción académica y la última, con todos los ítems de las dimensiones determinadas. Se ha utilizado la escala Likert de cinco respuestas que va desde Muy en desacuerdo hasta Muy de acuerdo.

Procedimiento y análisis de datos

El cuestionario fue aplicado durante los cursos escolares 2018/2019 y 2019/2020. La selección de los estudiantes se realizó mediante un muestreo no probabilístico de conveniencia ya que los centros educativos optaron por participar en un proyecto de investigación e innovación relacionado con las actitudes y los enfoques hacia la Educación STEM. En este caso una vez que la investigación fue aprobada por el Claustro y se dispuso del consentimiento del centro, se contactó con los tutores de los cursos. Se utilizó como herramienta online *Google Forms*, aplicando el cuestionario previamente a la participación del alumnado en unos talleres relacionados con la Educación STEM. Este dispuso de 15 minutos para completarlo en su centro educativo bajo la supervisión del tutor.

Para dar respuesta al objetivo de diseñar un instrumento con las adecuadas características psicométricas que mida las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM se desarrollan procedimientos de validación de contenido (revisión de literatura y juicios de expertos) y validación

de constructo (correlación ítem-total, fiabilidad, estructura factorial y evaluación de ajuste del modelo; por último, se presenta la confirmación factorial de la escala.

Se llevó a cabo un Análisis Factorial Exploratorio (AFE) con método de extracción de Componentes principales y rotación Oblimin, utilizando el software JAMOVI 2.2.5. Posteriormente, se realizó un Análisis Factorial Confirmatorio (AFC) para valorar el ajuste de la estructura de dimensiones teóricas en la escala ACESTEM. Para ello se utilizó la matriz de correlaciones policóricas y el método de estimación de parámetros de *Weighted Least Squares Means and Variance* (WLSMV) (Abad et al., 2011) con el software Mplus 7 debido a la escala de los ítems utilizada en el cuestionario (niveles de respuesta del 1 al 5). Para valorar la adecuación del modelo a los datos se tomaron los indicadores de ajuste absoluto χ^2 y χ^2 entre sus grados de libertad (gl), dada la sensibilidad de χ^2 al tamaño muestral (Fujikoshi, 2000). Se ha considerado que cuando χ^2 /gl oscila entre valores de uno a tres supone un indicador de ajuste aceptable (Jöreskog, 1970). Además, se han calculado otros índices descriptivos, que no dependen tanto del tamaño muestral, así como el índice de ajuste comparativo (CFI, *Comparative Fit Index*) y el error cuadrático medio de aproximación (RMSEA, *Root Mean Square Error of Approximation*), siguiendo a Schermelleh-Engel et al. (2003). Se consideran indicadores adecuados un TLI > .90 (Xia y Yang, 2019) y un SRMR < .08 (Cho et al., 2020).

Para analizar la consistencia interna de la escala se utilizó el Omega de McDonald ya que la escala de los ítems es ordinal y hay menos de 7 opciones de respuesta (McDonald, 1999). Se estimó el coeficiente de correlación entre el ítem y el total en la escala si el ítem es eliminado (r) y el Omega de McDonald si el ítem se elimina de la escala para valorar la adecuación de cada uno de los ítems. También se han valorado las correlaciones entre las diferentes dimensiones propuestas para la escala, a través de la correlación de Pearson. Por último, para analizar cada uno de los ítems, se calculó la media (M) y la desviación típica (DT) de las diferentes variables.

Para analizar la validez criterial se hicieron correlaciones r de Pearson de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones con la edad, el autoconcepto académico y la autopercepción académica. Además, se realizaron comparaciones de medias en cada una de las dimensiones y el total de la escala en función del sexo y de la profesión de los padres a través de la t de Student, d de Cohen para calcular el tamaño del efecto y ANOVA factorial para analizar la interacción entre género, etapa y profesión del padre y de la madre, junto al η^2 para calcular la magnitud de las diferencias, para ello se utilizó el software JAMOVI 2.2.5. Estos últimos resultados han sido extraídos y pueden leerse detalladamente en Martín-Carrasquilla et al. (2022). Se consideran valores significativos aquellos en los que $p < .05$.

Resultados

Validez de contenido por juicio de expertos

En el proceso de validación participaron diez expertos (5 mujeres y 5 hombres) con experiencia en el ámbito educativo STEM de Primaria y Secundaria y en la formación inicial del profesorado.

Los expertos determinaron algunos aspectos a mejorar que se incorporaron en la redacción de los ítems y con toda la información obtenida se redujo su número. Como resultado de los 68 ítems presentados para su revisión, 20 (29%) permanecieron invariables, 14 (21%) fueron modificados y

34 (50%) fueron eliminados. Después de completar las revisiones recomendadas resultó una versión de 34 ítems.

Análisis de la fiabilidad y de la estructura factorial del instrumento

Tras la validación del contenido del cuestionario se procedió a la valoración de la fiabilidad y la consistencia interna del mismo. Para ello se utilizó la muestra de 408 estudiantes (198 chicos y 210 chicas).

Se estudió la fiabilidad total del cuestionario y el índice de homogeneidad de cada uno de los ítems obteniendo un Omega de McDonald con una fiabilidad de .887.

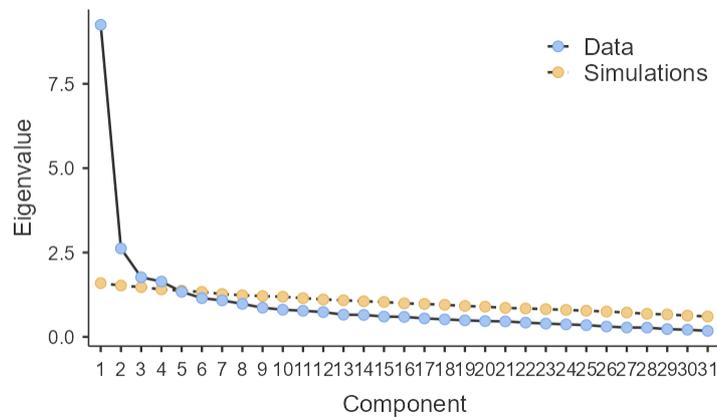
El análisis de los datos permitió explorar, entre otras cosas, la posibilidad de que al eliminar alguno de los ítems se produjera un incremento en el índice de consistencia interna de la escala ACESTEM. En este caso se decidieron eliminar cuatro ítems, obteniendo con 30 ítems una fiabilidad con Omega de McDonald de .903, lo que confirmaba la alta consistencia interna del cuestionario.

Antes de realizar el AFE y para comprobar si la muestra era adecuada para la reducción en dimensiones, se calculó la esfericidad de Bartlett ($p < .001$) y el índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO = 0.92), mostrando resultados satisfactorios.

Se realizó el análisis factorial a través del método de componentes principales para estudiar de forma exploratoria la estructura subyacente a la escala, analizando las comunalidades obtenidas que en la mayoría de los casos eran superiores a .5 o estaban muy próximas a .5. La ejecución del AFE arrojó una solución factorial compuesta por seis factores que explican un 58.37% de la varianza.

Al analizar la matriz rotada, a través del proceso de rotación Oblimin se obtiene una estructura en la que los cuatro factores gusto por la ciencia, interés profesional por la ciencia, autoeficacia y utilidad percibida de la ciencia aparecen de forma coherente. Sin embargo, 6 ítems no saturan convenientemente en el factor correspondiente y, por tanto, se decide eliminarlos desapareciendo uno de los factores que aparecían inicialmente, dejando fuera los ítems relacionados con las acciones de los referentes importantes para el alumnado, factor para el que conceptualmente se habían redactado un conjunto de ítems pero que no resultaba relevante según lo analizado en la teoría.

Por último, el análisis de la matriz de estructura o matriz rotada plantea una escala con 24 ítems y con una fiabilidad a través del Omega de McDonald con una fiabilidad de .909. Se comprueba que todos los índices de homogeneidad son superiores a .27 excepto en un ítem con un índice de homogeneidad igual a .23 pero que se decide mantener por su aportación a los contenidos de la dimensión y porque se relaciona de manera adecuada. Tras este análisis y siguiendo el gráfico de sedimentación y el análisis paralelo (Figura 1), se fuerza una solución de 4 factores.

Figura 1*Gráfico de sedimentación y análisis paralelo*

Fuente: Elaboración propia

Se procedió entonces a realizar el análisis factorial con estos 24 ítems, forzando la extracción de los 4 factores extraídos que explican el 57% de la varianza, confirmando la matriz rotada la estructura de estos factores (Tabla 1).

Tabla 1*Matriz rotada*

Ítems	Componentes			
	1	2	3	4
(1) Me gusta mucho la Ciencia.	.83	.40	.21	.43
(5) Disfruto aprendiendo Ciencias.	.81	.35	.14	.47
(8) Me gusta hacer actividades de Ciencia en el colegio.	.78	.23	.12	.39
(11) Me gusta asistir a actividades relacionadas con la Ciencia en mi tiempo libre.	.71	.39	.07	.31
(17) Creo que las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más interesantes.	.70	.41	.17	.50
(22) Me gustaría realizar experimentos de Ciencia en casa.	.65	.11	.001	.27
(23) No me gusta la Ciencia.	.61	.45	.35	.34
(15) Me gustaría dedicarme a una profesión relacionada con la Ciencia.	.55	.81	.15	.25

Ítems	Componentes			
	1	2	3	4
(9) Si entro en la Universidad mis estudios estarán relacionados con la Ciencia.	.54	.79	.12	.23
(6) No voy a elegir una profesión relacionada con la Ciencia en el futuro	.06	.76	.23	.22
(20) Me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.58	.70	.11	.22
(2) Voy a seguir estudiando Ciencia en el futuro.	.66	.68	.17	.34
(13) No me gustaría tener un trabajo como científico o científica en el futuro.	.08	.55	.20	.04
(19) Las asignaturas relacionadas con la Ciencia son las más difíciles de todas.	.18	.18	.78	-.00
(24) Los exámenes de las asignaturas relacionadas con la Ciencia son los que cuestan más aprobar, aunque estudies.	.09	.24	.77	-.04
(4) No voy a entender la Ciencia. aunque me esfuerce.	.33	.26	.53	.41
(7) La Ciencia es fácil para mí.	.70	.39	.44	.35
(15) Puedo entender la Ciencia sin problemas.	.68	.24	.45	.32
(22) Las personas deberían entender la Ciencia porque les afecta en sus propias vidas.	.44	.25	.04	.71
(10) Vivimos en un mundo mejor gracias a la Ciencia.	.33	.04	-.07	.71
(22) Las personas no necesitan entender la Ciencia porque no afecta sus vidas.	.13	.20	.33	.66
(26) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a tomar mejores decisiones sobre mi propia salud.	.48	.17	.03	.65
(3) Los conocimientos de Ciencia me ayudan a entender el mundo que nos rodea.	.58	.22	-.05	.57
(21) Los científicos y las científicas son muy respetados.	.27	.11	-.17	.53

Método de extracción: análisis de componentes principales. Método de rotación: Oblimin con normalización Kaiser

Fuente: Elaboración propia

Validez de constructo (Análisis Factorial Confirmatorio)

Realizado el AFE se procede al análisis factorial confirmatorio (AFC) para determinar qué factores latentes explican la covariación entre los ítems, poniendo a prueba si la solución factorial de cuatro factores, ajusta adecuadamente.

Para el AFC se utilizó una muestra de estudiantes diferente a la del AFE compuesta por 295 estudiantes (114 chicas y 181 chicos) de edades comprendidas entre los 10 y los 14 años.

Tras realizar el análisis en el primer modelo de 24 ítems, se decide eliminar 3 ítems ya que no poseen pesos estadísticamente significativos ($p > .05$) en los factores en los que conceptualmente debían estar, al ser eliminados mejora el modelo y se confirma un modelo esperado de 4 factores con 21 ítems con unos índices de bondad aceptables (Tabla 2).

Tabla 2

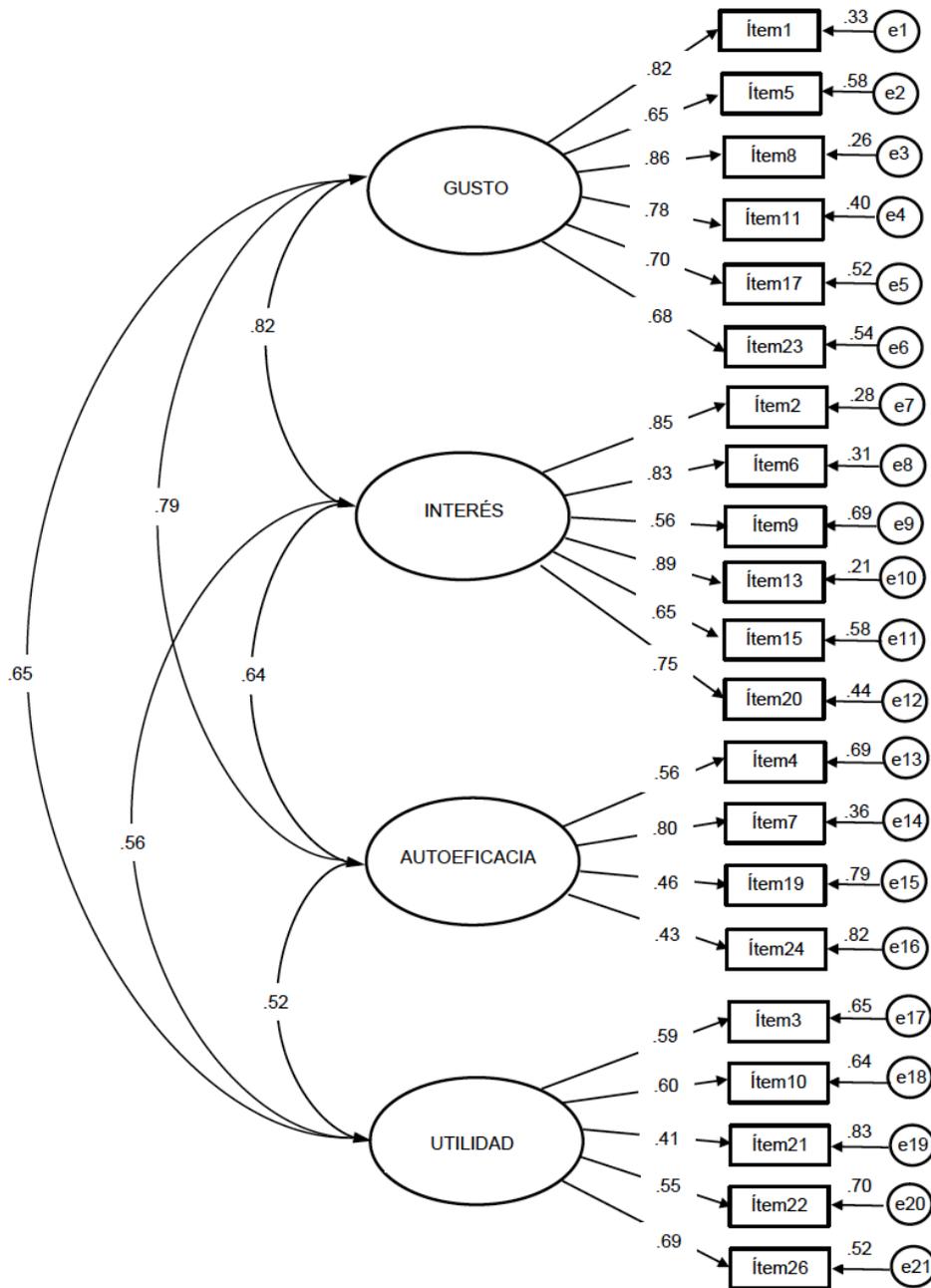
Índices de bondad de ajuste del AFC de la escala ACESTEM

Modelo	χ^2	gl	(valor p)	χ^2/gl	SRMR	CFI	TLI	RMSEA
24 ítems 4F	549	246	< .001	2.23	.0578	.909	.898	.0646
21 ítems 4F	309.97	183	< .001	1.693	.049	.942	.933	.055

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos indican un ajuste adecuado del modelo teórico propuesto en la escala ACESTEM de modo que el resultado de 1.693 obtenido en χ^2/gl , .942 en el caso del CFI, .933 para TLI y un valor .055 de RMSEA, son considerados como adecuados según el criterio propuesto por los autores anteriormente citados. Además, los ítems utilizados para medir las diferentes variables latentes presentan cargas factoriales adecuadas para cada una de ellas, siendo todas iguales o superiores a .30 (Bandalos y Finney, 2010). Ello se puede observar en la figura 2, que ilustra el modelo teórico propuesto para la escala ACESTEM, mostrándose las covarianzas entre las dimensiones, así como los pesos estandarizados de cada ítem. En este modelo se establecen correlaciones estadísticamente significativas y fundamentadas desde el marco teórico entre los 4 factores que son el gusto, el interés, la autoeficacia y la utilidad ($p < .001$).

Figura 2
AFC de la escala ACESTEM con 21 ítems



Fuente: Elaboración propia

La fiabilidad se calculó mediante el coeficiente de consistencia interna Omega de McDonald con una fiabilidad de .917. En la tabla 3 puede verse la correlación de cada ítem con el total y la fiabilidad de la escala si cada ítem es eliminado, además de la media y la desviación típica de cada ítem.

Tabla 3

Medias, desviaciones típicas y correlación de cada ítem con el total y fiabilidad de la escala si cada ítem es eliminado

N.º ítem	Media	Desviación típica	Correlación total de elementos corregida	Índice McDonald's si el elemento se ha suprimido
1	4.02	0.984	.739	.909
2	3.59	1.252	.779	.908
3	4.23	0.923	.514	.914
4	4.38	0.998	.464	.916
5	3.38	1.233	.569	.908
6	3.56	1.312	.697	.910
7	3.63	1.155	.619	.912
8	4.03	1.086	.774	.913
9	3.60	1.326	.471	.909
10	4.41	0.904	.354	.917
11	3.93	1.044	.712	.910
13	3.46	1.349	.765	.909
15	3.68	1.296	.586	.913
17	4.04	1.081	.610	.912
19	3.43	1.174	.331	.918
20	3.21	1.328	.624	.912
21	3.90	0.925	.241	.920
22	4.03	1.082	.402	.917
23	4.36	1.015	.631	.912
24	3.43	1.264	.298	.919
26	4.05	1.001	.439	.916

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 observamos las correlaciones (r de Pearson) entre las dimensiones de la escala, todas con una $p < .001$.

Tabla 4

Correlaciones entre los factores

Dimensiones	Actitud	Interés	Gusto	Utilidad
Interés	.879			
Gusto	.897	.715		
Utilidad	.659	.423	.510	
Autoeficacia	.681	.444	.541	.315

$p < .001$

Fuente: Elaboración propia

Para analizar la validez criterial se hicieron correlaciones r de Pearson de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones (gusto, interés profesional, autoeficacia y utilidad) con la edad, el autoconcepto académico y la autopercepción académica en 408 estudiantes de entre 10 y 14 años que componen la primera muestra del estudio. Además, se realizaron comparaciones de medias en cada una de las dimensiones y el total de la escala en función del sexo y de la profesión de los padres a través de la t de Student y ANOVA factorial para analizar la interacción entre género, etapa y profesión del padre y de la madre (Martín-Carrasquilla et al., 2022).

El análisis de los datos nos lleva a afirmar que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones gusto, utilidad y autoeficacia con la edad son negativas y estadísticamente significativas ($p < .01$) aunque pueden considerarse de magnitud baja. De todo el estudio destacamos la correlación más alta que es la que se establece con la dimensión de gusto ($r = -.22$). Con la única dimensión con la que la edad no establece relación es con la del interés profesional ($p > .05$). Si el análisis correlacional se hace en la muestra de las chicas se corrobora que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones gusto, utilidad y autoeficacia con la edad son negativas y estadísticamente significativas ($p < .01$). El interés profesional es la única dimensión con la que no se establece relación estadísticamente significativa ($p > .05$). En la muestra de los chicos las correlaciones son algo más altas que en las chicas y en la misma dirección en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, gusto y utilidad, aunque no existe relación estadísticamente significativa ni con el interés profesional ni con la autoeficacia ($p > .05$). Es interesante resaltar que el estudio en la muestra de las chicas confirma que existe correlación con la autoeficacia y en este caso no.

En cuanto al género los análisis realizados en este estudio ponen de manifiesto que los chicos poseen medias diferentes y más altas de forma estadísticamente significativa ($p < .01$) con respecto a las chicas en actitud hacia la ciencia en la Educación STEM (media de los chicos 3.47 y media de las chicas 3.20; $d = 0.37$). Esto se repite en todas las dimensiones excepto en la de utilidad (media de los chicos 3.90 y de las chicas 3.79) donde no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > .05$) aunque la tendencia es la misma.

Si se estudian las diferencias en función de la profesión del padre (profesión STEM o no STEM) se puede inferir que estas no son estadísticamente significativas, siendo la profesión de la madre la que diferencia a los estudiantes tanto en la actitud hacia la Educación STEM, como en sus dimensiones, excepto en la utilidad percibida. El grupo de chicos y chicas cuyas madres desempeñan una profesión STEM son los que muestran valores más altos frente a los que tienen madres que desarrollan profesiones no relacionadas con STEM, valorando estas diferencias ($\eta^2 < .014$) como bajas según Cohen (1992).

De la misma manera el estudio de las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y las dimensiones gusto, utilidad, interés profesional y autoeficacia con el autoconcepto académico son positivas y estadísticamente significativas ($p < .01$). La correlación más alta es la que se establece con la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y con la dimensión de autoeficacia ($r = .28$), apoyando el hecho de que todo aquello que refuerza la convicción sobre el propio valor es considerado como positivo hacerlo. En cuanto al estudio de las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones con la autopercepción académica se observan relaciones estadísticamente significativas ($p < .01$) aunque pueden considerarse bajas.

Discusión y conclusiones

El producto más relevante de esta investigación lo constituye el desarrollo de una escala para analizar las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM entre los 10 y los 14 años ya que existen pocas específicamente desarrolladas y validadas para estas edades.

Las fases descritas en este estudio han guiado la construcción de esta escala que permite estudiar las actitudes del alumnado hacia la ciencia en la Educación STEM, considerando las creencias y percepciones relativas a la competencia científica (autoeficacia), la utilidad percibida hacia la ciencia y la intención profesional futura, así como las reacciones afectivas que los niños y niñas de edades comprendidas entre 10 y 14 años manifiestan en forma de gusto y disfrute hacia la ciencia. Creemos que todos los componentes o dimensiones descritas podrían constituir una forma precisa para medir las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM.

Mediante el proceso expuesto hemos podido mostrar la validez y la fiabilidad de la escala ACESTEM. La primera versión del instrumento, en el que estructuramos el constructo Actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM (ACESTEM), constaba de 68 ítems y cinco dimensiones que después de ser sometido a juicio de expertos nos llevó a una versión de 34 ítems. Tras la validación del contenido del cuestionario, procedimos a la valoración de la fiabilidad y la consistencia interna del mismo, obteniendo un valor de .887 a través del Omega de McDonald. Después, realizamos el análisis factorial exploratorio de los elementos que integran la escala ACESTEM y nos quedamos con una escala de 24 ítems. Hay que destacar que observamos la estructura de cuatro factores (gusto por la ciencia, interés profesional por la ciencia, autoeficacia y utilidad percibida de la ciencia), desapareciendo uno de los factores iniciales (acciones de los referentes importantes para el alumnado).

El análisis factorial confirmatorio (AFC) ha permitido concluir que se establecen correlaciones estadísticamente significativas y fundamentadas desde el marco teórico entre los cuatro factores con un Omega de McDonald de .909. Se confirmó el modelo esperado de cuatro factores, obteniendo unos índices de ajuste satisfactorios, y se eliminaron tres ítems, quedando una escala de 21 ítems. Esto unido al reducido número de ítems de la escala puede permitir una aplicación más operativa al minimizar el efecto de fatiga dadas las edades de aplicación del mismo. Con estos 21 ítems se obtiene un Omega de McDonald .917.

Otro de los aspectos interesantes ha sido explorar la relación entre las características individuales y del autoconcepto académico y la autopercepción académica y las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones, resultados presentados en Martín-Carrasquilla et al. (2022).

Concluimos que la edad es un determinante significativo en el estudio de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM. Podemos afirmar que a medida que aumenta la edad, el alumnado disfruta menos aprendiendo ciencia y el gusto, la valoración de la relevancia social otorgada a la ciencia y a los científicos y a las científicas va disminuyendo al igual que la autoeficacia. Dichos resultados están alineados con los obtenidos por investigadores como Reinhold et al. (2018) y Archer et al. (2020). Destacamos que, en el caso de los chicos la correlación negativa entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM, el gusto y la utilidad, es mayor que en el grupo de las chicas. Sin embargo, en la autoeficacia las chicas obtienen correlaciones negativas más altas que los chicos. Al observar los valores medios, llama la atención el hecho de que la autoeficacia sea la dimensión que más diferencia a los chicos y las chicas a medida que progresan de curso, aunque solo podamos verlo a nivel descriptivo (Martín-Carrasquilla et al., 2022).

Sin embargo, en el caso de la profesión de la madre, se observan diferencias estadísticamente significativas en la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y en sus dimensiones, excepto en utilidad. Se percibe que las chicas muestran mayores diferencias que los chicos dependiendo de

que la madre desempeñe una profesión STEM o no. Esto coincide con los estudios de la OECD (2018) o investigaciones como la llevada a cabo por Avendaño et al. (2020) que muestran que la influencia del padre tiene un efecto mínimo en el proceso de elección de carrera, mientras que el efecto de la madre es significativamente mayor.

Podemos afirmar que las relaciones de la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones con el autoconcepto académico son positivas y estadísticamente significativas, aunque valoramos su magnitud entre baja y moderada. De la misma manera afirmamos que existen relaciones estadísticamente significativas, aunque bajas, entre la actitud hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones con la autopercepción. Creemos que el pensamiento autorreferencial y la propia consideración del estudiante como buen alumno se relaciona con actitudes más favorables hacia la ciencia y con una mayor autoeficacia, hecho que es coincidente con los datos obtenidos por Mohammadpour et al. (2015).

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que promover la motivación, el gusto y el interés por la Educación STEM puede aumentar la proporción de alumnos y alumnas que podrían considerar seguir un itinerario relacionado con la Educación STEM en un futuro. Además, aportan ideas sugerentes en lo que respecta a las variaciones significativas de las actitudes hacia la ciencia en la Educación STEM y sus dimensiones respecto a la edad, el género, la profesión de los padres (padre y madre), el autoconcepto y la autopercepción académicas del alumnado.

Se considera una limitación del estudio el tamaño y distribución por sexo de la segunda muestra de 295 sujetos (114 mujeres y 181 hombres) para realizar el AFC, pero se valora necesario hacerlo para comprobar que la estructura planteada se mantiene con sujetos diferentes y ya que hay autores que apoyan estas *N* en este tipo de análisis. Otra limitación es no haber podido incluir un número mayor de tablas para dar mayor detalle al proceso de construcción de la escala, por cuestiones de espacio. Este estudio aporta el desarrollo de una escala para medir las actitudes hacia la ciencia que será revisada y depurada en próximas aplicaciones contando con muestras mayores, pero se considera ya un avance para la evaluación de este tipo de constructos y para su uso en la orientación de intereses profesionales.

Por último, creemos que la escala ACESTEM es útil tanto para los orientadores y orientadoras como para el profesorado, ya que desde edades tempranas permite esbozar líneas de acción y estrategias para promover actitudes positivas hacia la Educación STEM en las aulas de Educación Primaria y Secundaria Obligatoria. Distintos estudios aportan información significativa sobre el estrecho vínculo que existe entre el interés inicial por las áreas STEM y las decisiones profesionales posteriores (Holmes et al., 2018). De esta manera, si conseguimos despertar y mantener el interés de los estudiantes por la Educación STEM en etapas de aprendizaje temprano (Educación Infantil y Primaria) estos serán más propensos a vincular sus estudios posteriores con itinerarios STEM tanto si es desde la Formación Profesional como si es en estudios universitarios.

Referencias bibliográficas

- Abad, F. J., Olea, J., Ponsoda, J. y García, C. (2011). *Medición en ciencias sociales y de la salud*. Síntesis.
- Archer, L., Moote, J., MacLeod, E., Francis, B. y DeWitt, J. (2020). *ASPIRES 2: Young people's science and career aspirations, age 10-19*. UCL Institute of Education.

- Avendaño, K. C., Magaña, D. E. y Flores, P. (2020). Influencia familiar en la elección de carreras STEM (Ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) en estudiantes de bachillerato. *Revista de Investigación Educativa*, 38(2), 515-531. <https://doi.org/10.6018/rie.366311>
- Bandalos, D. L. y Finney, S. J. (2010). Factor Analysis: Exploratory and Confirmatory. In G. R. Hancock y R. O. Mueller (Eds.), *Reviewer's guide to quantitative methods*. Routledge.
- Baram-Tsabari, A. y Yarden, A. (2008). Girls' biology, boys' physics: Evidence from free-choice science learning settings. *Research in Science & Technological Education*, 26(1), 75–92. <https://doi.org/10.1080 / 02635140701847538>
- Blalock, C. L., Lichtenstein, M. J., Owen, S., Pruski, L., Marshall, C. y Toepperwein, M. (2008). In pursuit of validity: A comprehensive review of science attitude instruments. *International Journal of Science Education*, 30(7), 961–977. <https://doi.org/10.1080/09500690701344578>
- Cho, G., Hwang, H., Sarstedt, M. y Ringle, Ch. M. (2020). Cutoff criteria for overall model fit indexes in generalized structured component analysis. *Journal of Marketing Analytics*, 8, 189-202. <https://doi.org/10.1057/s41270-020-00089-1>
- Denessen, E., Vos, N., Hasselmann, F. y Lows, M. (2015). The relationship between primary school teacher and student attitudes towards science and technology. *Education Research International*, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2015/534690>
- Fujikoshi, Y. (2000). Transformations with Improved Chi-Squared Approximations. *Journal of Multivariate Analysis*, 72(2), 249–263. <https://doi.org/10.1006/jmva.1999.1854>
- Greca, I. M., Ortiz-Revilla J. y Arriasecq I. (2021). Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1) 1802. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1802
- Holmes, K., Gore, J., Smith, M. y Lloyd, A. (2018). An integrated analysis of school students' aspirations for STEM careers: Which student and school factors are most predictive? *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(4), 655–675.
- Jöreskog, K. G. (1970). A General Method for Analysis of Covariance Structure. *Biometrika* 57, 239-251.
- Kennedy, J. P., Quinn, F. y Taylor, N. (2016). The school science attitude survey: a new instrument for measuring attitudes towards school science. *International Journal of Research & Method in Education*, 39(4), 422–445. <https://doi.org/10.1080/1743727X.2016.1160046>
- Larkin, K. y Jorgensen, R. (2016). "I Hate Maths: Why Do We Need to Do Maths?" Using iPad Video Diaries to Investigate Attitudes and Emotions towards Mathematics in Year 3 and Year 6 Students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(5), 925–944. <https://doi.org/10.1007 / s10763-015-9621-x>
- López-Cózar, C., Benito, S. y Priede, T. (2020). Identificación de los factores principales asociados a la elección de grados universitarios en el ámbito agroalimentario. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 31(3), 26-44. <https://doi.org/10.5944/reop.vol.31.num.3.2020.29260>
- Lorenzo-Seva, U. (2021). SOLOMON: a method for splitting a sample into equivalent subsamples in factor analysis. *Behavior Research Methods*. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01750-y>
- Martín Carrasquilla, O., Santaolalla Pascual, E. y Muñoz San Roque, I. (2022). La brecha de género en la Educación STEM. *Revista De Educación*, 396, 151-175. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-396-533>

- McDonald, R. P. (1999). *Test theory: A unified treatment*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Ministerio de Universidades (2020). *Datos y cifras del Sistema Universitario Español*. Publicación 2019-2020. Secretaría General Técnica del Ministerio de Universidades.
- Mohammadpour, E., Shekarchizadeh, A. y Kalantarrashidi, S. A. (2015). Multilevel Modeling of Science Achievement in the TIMSS Participating Countries. *The Journal of Educational Research*, 108(6), 449–464. <https://doi.org/10.1080/00220671.2014.917254>
- Mpofu, V. (2020). A Theoretical Framework for Implementing STEM Education. En K. G. Fomunyam (Eds.), *Theorizing STEM Education in the 21st Century*. IntechOpen.
- Munby, H. (1983). Thirty studies involving the "Scientific Attitude Inventory": What confidence can we have in this instrument? *Journal of Research in Science Teaching*, 20(2), 141–162. <https://doi.org/10.1002/tea.3660200206>
- Navarro M., Förster C., González C. y González-Pose, P. (2016). Attitudes toward science: measurement and psychometric properties of the Test of Science-Related Attitudes for its use in Spanish-speaking classrooms. *International Journal of Science Education*, 38(9), 1459–1482. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1195521>
- OECD (2018). "PISA for Development Science Framework", in *PISA for Development Assessment and Analytical Framework: Reading, Mathematics and Science*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264305274-6-en>
- Potvin, P. y Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85–129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Reinhold, S., Holzberger, D. y Seidel, T. (2018). Fomentar una carrera en ciencias: una revisión de la investigación de los efectos de las escuelas secundarias en la orientación STEM de los estudiantes. *Estudios en Educación Científica*, 54(1), 69–103. <https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1442900>
- Rojas-Torres, L. (2020). Robustez de los índices de ajuste del análisis factorial confirmatorio a los valores extremos. *Revista de matemática: teoría y aplicaciones*, 27(2), 383–404. <https://doi.org/10.15517/rmta.v27i2.33677>
- Sáinz, M. (2020). *Brechas y sesgos de género en la elección de estudios STEM ¿Por qué ocurren y cómo actuar para eliminarlas?* Centro de Estudios Andaluces.
- Savinskaya, O. B. (2017). Gender Equality in Preschool STEM Programs as a Factor Determining Russia's Successful Technological Development. *Russian Education & Society*, 59(4), 206–216. <https://doi.org/10.1080/10609393.2017.1399758>
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. y Müller, H. (2003). Evaluating the Fit of Structural Equation Models: Tests of Significance and Descriptive Goodness-of-Fit Measures. *Methods of Psychological Research*, 8(2), 23–74.
- Summers, R. y Abd-El-Khalick, F. (2018). Development and validation of an instrument to assess student attitudes toward science across grades 5 through 10. *Journal of Science Teacher Education*, 55(2), 172–205. <https://doi.org/10.1002/tea.21416>
- Tai, R. H., Liu, C. Q., Maltese, A. V. y Fan, X. (2006). Planning early for careers in Science. *Science*, 312(5777), 1143–1144. <https://doi.org/10.1126/science.1128690>

- The White House. (2018). *Charting a course for success: America's strategy for STEM education*. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2019/05/f62/STEM-Education-Strategic-Plan-2018.pdf>
- Toma, R. B. (2021). Evidencias de validez de una medida de la motivación por las ciencias de la naturaleza. *Educación XX1*, 24(2), 351-374. <http://doi.org/10.5944/educXX1.28244>
- UNESCO. (2019). Descifrar el código: *La educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM)*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649>
- Vázquez, I. M. y Blanco-Blanco, A. (2019). Factores sociocognitivos asociados a la elección de estudios científico-matemáticos. Un análisis diferencial por sexo y curso en la Educación Secundaria. *Revista de Investigación Educativa*, 37(1), 269-286. <https://doi.org/10.6018/rie.37.1.303531>
- Wang, T. y Berlin, D. (2010). Construction and Validation of an Instrument to Measure Taiwanese Elementary Students' Attitudes toward Their Science Class. *International Journal of Science Education*, 32(18), 2413–2428. <https://doi.org/10.1080/09500690903431561>
- Xia, Y. y Yang, Y. (2019). RMSEA, CFI, and TLI in structural equation modeling with ordered categorical data: de story they tell depends on the estimation methods. *Behavior Research Method*, 51, 409 - 428. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-1055-2>
- Zhang, D. y Campbell, T. (2011). The psychometric evaluation of a three-dimension elementary science attitude survey. *Journal of Science Teacher Education*, 22(7), 595–612. <https://doi.org/10.1007/s10972-010-9202-3>

Fecha de entrada: 23 de enero de 2022

Fecha de revisión: 29 de mayo de 2022

Fecha de aceptación: 10 de julio de 2022