

CUESTIONARIO PARA CARACTERIZAR EL FENÓMENO DE FUGA STEM EN EDUCACIÓN SECUNDARIA

Questionnaire to characterise STEM-Leak phenomena in Secondary Education

Abaurrea, J.^a, Lasa, A.^{a,b} y Rincón, Y. R.^{a,b}

^aUniversidad Pública de Navarra, ^bInstitute for Advanced Materials and Mathematics (INAMAT²)

Resumen

El presente trabajo describe el proceso de diseño y validación por expertos de un cuestionario dirigido a estudiantes de Educación Secundaria que tiene por objetivo la identificación del fenómeno de fuga STEM—entendido como el abandono de los itinerarios científico-tecnológicos— durante la transición de la Educación Secundaria Obligatoria al Bachillerato, así como caracterizar los factores que pueden explicar su aparición. El cuestionario se basa en instrumentos previamente validados dentro del marco teórico de la Teoría de la Expectativa-Valor (EVT) y su diseño fue evaluado mediante una metodología Delphi modificada. Los resultados muestran un elevado grado de consenso entre los expertos en todos los bloques del cuestionario y permiten establecer una versión validada del instrumento como base para su posterior validación empírica.

Palabras clave: Educación STEM, fuga de talento STEM, caracterización del perfil de estudiantes en Educación Secundaria, Teoría de la Expectativa-Valor (EVT), Metodología Delphi Modificada.

Abstract

This study describes the design process and expert-panel validation of a questionnaire aimed at secondary education students with the objective of identifying the phenomenon of STEM leakage—understood as the abandonment of science and technology academic pathways—during the transition from compulsory secondary education to upper secondary education, as well as characterizing the factors that may explain its emergence. The questionnaire is based on previously validated instruments within the theoretical framework of Expectancy-Value Theory (EVT), and its design was evaluated using a modified Delphi methodology. The results show a high degree of consensus among the experts across all five blocks of the questionnaire and allow for the presentation of a fully validated version of the instrument as a basis for its subsequent empirical implementation.

Keywords: STEM education, STEM-Leak, characterization of Secondary Education students' profiles, Expectative-Value Theory, Modified Delphi Methodology.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

A pesar de la alta demanda laboral de profesionales especializados en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM —acrónimo en inglés—), en muchos países faltan personas tituladas universitarias en estas disciplinas, lo que plantea la pregunta de por qué no hay más estudiantes que elijan carreras STEM (López et al., 2023).

Si se pone el foco en el alumnado, es conocida la relación existente entre los contextos sociofamiliares del alumnado y su desempeño académico (Lambert-Le Mener, 2012), así como la influencia que tiene dicho contexto en el gusto o interés que muestran por diferentes disciplinas (Cosnefroy, 2007). Además, la implantación del aprendizaje STEM implica la adopción de metodologías activas, como el trabajo por proyectos y la experimentación en el laboratorio, estrategias especialmente adecuadas para el alumnado en la etapa de la adolescencia temprana (Gras et al., 2008). Con ello, tanto el

contexto sociofamiliar como las metodologías mediante las cuales aprende el alumnado pueden tener un efecto determinante en el momento de definir su *identidad* STEM.

Desde el punto de vista docente, las lagunas en la formación continua del profesorado pueden dificultar la implantación de metodologías STEM (Berciano, 2025). Por ejemplo, se constata el efecto positivo de la formación docente en la metodología Aprendizaje Basado en Proyectos, pero esto resulta claramente insuficiente si la formación no va orientada de manera específica a la coordinación del profesorado de las distintas disciplinas STEM. En este sentido, la formación docente recibida puede afectar a la calidad del *apoyo* y de la *orientación* del docente hacia el alumnado.

En un estudio previo, Lasa et al. (2022) se centran en analizar las actitudes de Docentes en Formación Inicial (DFI) hacia las disciplinas STEM. Así, se caracteriza un perfil principal de DFI claramente vocacional, que valora la importancia de la formación inicial de maestros como disciplina, y que está influenciada por un entorno sociofamiliar de alto nivel formativo del cual ha recibido la noción de la importancia del dominio de las disciplinas científicas. Además, se observa que la mitad de los DFI de la muestra que comienzan un itinerario científico-tecnológico en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), terminan desencantados de las ciencias experimentales y cambian su itinerario al humanístico en Bachillerato. Las conclusiones de este trabajo previo dejan abiertas nuevas preguntas de investigación, como las siguientes:

[1] El fenómeno de huida de talento del itinerario científico-tecnológico, ¿es exclusivo de la tipología de alumnado DFI y afecta únicamente a los Grados en maestro? O, por el contrario, ¿se trata de un fenómeno general que afecta al paso de ESO a Bachillerato en su conjunto?

[2] ¿Cuáles serían las causas de dicho fenómeno?

Con el fin de dar respuesta a estas preguntas, se ha diseñado un cuestionario dirigido al alumnado de Educación Secundaria² (ESO y Bachillerato). Este cuestionario se organiza en torno a cuatro dimensiones teóricas principales —*identidad STEM*, *estereotipos y equidad*, *apoyo y orientación*, y *redes de amistad*—, que se miden en cuatro de los cinco bloques de ítems del cuestionario. El primer bloque recoge información sociodemográfica y de trayectoria académica del estudiantado; los cuatro restantes operacionalizan cada una de las dimensiones teóricas citadas previamente mediante escalas Likert de cinco puntos. Mediante el cuestionario, en una futura recogida de datos, se pretende contrastar la existencia de abandono en las trayectorias STEM del alumnado de Educación Secundaria, así como encontrar los factores principales que promueven la fuga de estudiantes de especialidades STEM. Para la elaboración del cuestionario se han tomado como referencia instrumentos previamente validados, entre los que se encuentran *Math Identity Scale* (Cribbs y Utley, 2024) y *Sense of Belonging in STEM* (Strayhorn, 2024).

El presente trabajo tiene por objetivo describir el proceso de diseño y validación preliminar mediante panel de expertos de un cuestionario para la caracterización del fenómeno de fuga STEM en el estudiantado de Educación Secundaria, como paso previo a su futura implementación empírica. Del objetivo mencionado, deriva la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo puede caracterizarse y medirse el fenómeno de fuga STEM en el estudiantado de Educación Secundaria?

MARCO TEÓRICO

La teoría de la Expectativa-Valor (EVT) constituye un marco teórico de referencia en el estudio de la motivación y actitudes del alumnado. Si bien es cierto que durante la adolescencia temprana el alumnado tiende a considerarse menos competente en algunas actividades y, a menudo, tiende a valorarlas menos —como ocurre, por ejemplo, con las matemáticas—, la EVT postula que la

² En el Sistema Educativo Español vigente, la Educación Secundaria comprende dos etapas: la Educación Secundaria Obligatoria y el Bachillerato, etapa postobligatoria orientada a la preparación de la subsiguiente Educación Superior y/o incorporación al mercado laboral (Real Decreto 217/2022).

expectativa de éxito de una persona hacia una tarea y el valor que le otorga determinan su motivación para implicarse en ella. Esto, a su vez, influye en la elección, persistencia y desempeño (Wigfield y Eccles, 2000) de las asignaturas cursadas en la especialidad STEM.

El componente de valor se forma tanto de los beneficios percibidos en la tarea —valor intrínseco, valor de logro y valor de utilidad— como de los costos o desventajas asociados a participar en ella —por ejemplo, esfuerzo requerido que no se percibe como valioso o emociones negativas que genera— (Wu y Corpus, 2023). Estos autores subrayan la relevancia del costo en este componente, y recopilan evidencias sobre cómo el costo afecta negativamente al rendimiento académico y positivamente a la procrastinación, evitación e intención de abandonar los estudios. Las disciplinas STEM son un claro ejemplo de ello, pues el costo que supone especializarse en competencias STEM se relaciona negativamente con la permanencia en estas disciplinas (Pérez et al., 2014). En cuanto al componente de expectativa de éxito, Witteveen y Attewell (2020) sostienen que expresar ambición por obtener un título o una profesión en STEM, algo que a menudo está vinculado con intereses profesionales, parece influir positivamente en la persistencia en trayectorias STEM.

A pesar de que la EVT es un referente en el análisis de componentes motivacionales, no aborda de forma directa el impacto de la identidad social —como el género, la importancia del grupo, o los lazos emocionales— en la motivación hacia una tarea o disciplina (López et al., 2023). En este sentido, a pesar de los esfuerzos de los gobiernos y diversas entidades por abordar esta problemática, las mujeres y las minorías étnicas siguen estando significativamente subrepresentadas en disciplinas STEM, siendo menos propensas a lograr graduarse en estas áreas (Costello et al., 2023; Kricorian et al., 2020). Paralelamente, la investigación interseccional evidencia que estos efectos no operan de forma aislada. De acuerdo con la investigación llevada a cabo por Ong et al. (2011), las mujeres pertenecientes a minorías étnicas o a familias con bajo nivel de estudios acumulan desventajas que se potencian mutuamente, incrementando la probabilidad de abandono de los itinerarios STEM.

Diversos estudios también destacan la influencia del entorno en las trayectorias académicas. En particular, Costello et al. (2023) señalan que el nivel de educación de las familias influye en la obtención de una titulación STEM. En esta línea, Starr et al. (2022) afirman que el alumnado cuyos progenitores no tienen estudios universitarios presenta menor probabilidad de recibir apoyo en STEM en comparación con quienes tienen progenitores con estudios universitarios y, en consecuencia, muestran mayor probabilidad de modificar su trayectoria hacia ámbitos no STEM. No obstante, cuando el alumnado recibe apoyo tanto de sus familias como del profesorado en relación con STEM, este respaldo puede fortalecer sus expectativas profesionales en estas áreas.

Por otro lado, Villa et al. (2026) muestran que el estudiantado que ha asistido a centros especializados en STEM desarrolla una comprensión más precisa y matizada de estas disciplinas, así como una identidad STEM más positiva. Finalmente, Raabe et al. (2019) señalan que la influencia de amistades y de compañeros y compañeras de clase repercute en las preferencias por determinadas materias en la Educación Secundaria. El alumnado tiende a ajustar sus preferencias a las de su grupo de amistades; además, las chicas muestran mayor probabilidad de mantener sus preferencias STEM cuando a otras chicas en su clase también les gusta STEM.

MÉTODO

El cuestionario dirigido al alumnado de ESO y Bachillerato contiene 5 bloques de ítems, y se propone una validación teórica preliminar, mediante el método Delphi modificado (Dragnic-Cindric y Fusco, 2025). Siguiendo esta metodología, cada miembro de un panel de expertos revisa de forma individual y anónima los ítems de cada bloque del cuestionario, y propone modificaciones y mejoras por escrito. Tras cada ronda, el equipo investigador sintetiza las aportaciones, incorpora los cambios pertinentes y, siguiendo el método, justifica por escrito las decisiones adoptadas y los motivos de la no incorporación de determinadas sugerencias. Esta justificación se distribuye junto con la versión revisada del cuestionario al inicio de la siguiente iteración, permitiendo que los expertos

retroalimenten el proceso de forma argumentada. Los miembros del panel no se reúnen de forma colectiva en ningún momento, sino que el consenso emerge a través de la retroalimentación individual iterada y el intercambio argumentativo documentado.

En este caso, el panel lo forman 10 profesionales vinculados a la educación y la investigación STEM, con una experiencia profesional media de 18 años, de los cuales 6 son hombres y 4 son mujeres:

- 5 investigadores en los ámbitos de Didáctica de las Matemáticas (2), Didáctica de las Ciencias Naturales (1), Análisis Matemático (1) y Métodos Cuantitativos Aplicados a la Economía y la Empresa (1).
- 5 profesores de matemáticas de Educación Secundaria, con titulación en Matemáticas, que investigan en Didáctica de las Matemáticas o que participan activamente en actividades de las Asociaciones de Profesores de Matemáticas.

Al igual que en estudios previos (Beiderbeck et al., 2021; Rincón y Munárriz, 2025), se considera que un bloque de ítems queda validado cuando el 80 % de los expertos lo acepta, atendiendo a criterios de claridad y comprensión, pertinencia de cada pregunta dentro de su sección, posibles redundancias entre ítems, y adecuación del formato de respuesta. El diseño del cuestionario responde directamente a la pregunta de investigación planteada y a las preguntas que orientarán la fase empírica.

RESULTADOS Y SU DISCUSIÓN

Tras tres iteraciones del panel de expertos, se consensúan los cinco bloques que forman el cuestionario. La Tabla 1 recoge el resumen de los índices de consenso por iteración, mientras que la Tabla 2 identifica los ítems modificados a lo largo de todas las fases de la evaluación por los expertos.

En la primera iteración se aceptan los Bloques 3 y 5 de la propuesta inicial. Aunque el Bloque 5 se considera válido por el método Delphi modificado, se atienden las sugerencias, correspondientes a la redacción, y se reformulan tres de los ítems iniciales. En concreto, se recomiendan ajustes lingüísticos menores, como la sustitución del término “afectar” por “condicionar” para evitar connotaciones negativas, así como destacar los adverbios “positivamente” y “negativamente” para facilitar la lectura.

La Tabla 1 evidencia que los dos primeros bloques generan el mayor nivel de desacuerdo. En el Bloque 1, la falta de consenso se debe principalmente al enfoque terminológico elegido, que prioriza un lenguaje informal y cercano al alumnado. En su lugar, el panel sugiere precisar la terminología empleada —aun a riesgo de ser artificial para el alumnado—, para que la información de los ítems se ajuste con precisión a la organización de los itinerarios establecidos para ESO y Bachillerato. Por otro lado, se corrigen aspectos relacionados con la propia estructura del cuestionario. Por ejemplo, la posición y el tipo de respuesta asignadas a determinados ítems no se consideran pertinentes, y se recomienda reducir tanto el número de ítems de respuesta libre como el de aquellos cuya formulación resulta excesivamente ambigua o poco acotada —denominados en el proceso de validación como preguntas abiertas—. Esta recomendación fue implementada en su totalidad, de modo que no quedan ítems de respuesta libre ni enunciados de interpretación múltiple en la versión revisada del documento.

En el Bloque 2, en cambio, el desacuerdo reside en la escasa familiaridad del panel de expertos con la terminología propia de la teoría EVT y el *Math Identity Scale*. Los expertos califican los ítems como ambiguos, confusos o difíciles de entender —señalando que formulaciones como “me considero una persona relacionada con las ciencias y las matemáticas” resultan poco claras en cuanto al sentido del término “relacionada”— y proponen reducir las redundancias entre ítems de contenido similar. En respuesta, los ítems del Bloque 2 se reformulan para hacer el lenguaje más accesible al estudiantado, preservando el constructo teórico subyacente. Por último, los expertos señalan que en el Bloque 4 se requiere una mayor precisión sobre el origen y la tipología de apoyo al que se hace

referencia en cada caso. Por consiguiente, uno de los ítems modificados es “recibo ayuda para entender mejor las ciencias y las matemáticas”, que se sustituye por “recibo ayuda de mi familia para entender mejor las ciencias y las matemáticas”.

Tabla 3
Porcentaje de expertos que validan cada bloque en cada iteración

Bloque	Iteración 1	Iteración 2	Iteración 3
Bloque 1	40 %	80 %	100 %
Bloque 2	40 %	60 %	100 %
Bloque 3	90 %	-	-
Bloque 4	70 %	90 %	-
Bloque 5	80 %	-	-

En la segunda iteración se obtiene la aprobación de dos bloques adicionales, de modo que quedan consensuados cuatro de los cinco bloques del cuestionario (Tabla 1). No obstante, al igual que en la primera iteración, pese a que el Bloque 1 se considera válido según el método Delphi modificado, se procede nuevamente a su revisión atendiendo a las observaciones formuladas por los expertos. Por un lado, dos expertos manifiestan desacuerdo con algunos términos empleados, por lo que se modifica la denominación de las materias de Matemáticas de 4.º de ESO, eliminando los términos “académicas” y “aplicadas” y adoptando la distinción entre Matemáticas A y B, de acuerdo con el currículo vigente (Real Decreto 217/2022, 2022). Asimismo, se añade el término “tutor/a legal” junto a “progenitores”. Por otro lado, un experto propone una reestructuración de la lógica de presentación de las preguntas sobre suspensos: en lugar de recoger toda la información en un único ítem, se adopta una estructura de ramificación iterativa en la que, tras identificar si el estudiante ha suspendido alguna asignatura, se formulan preguntas sucesivas para registrar cada una de forma individualizada.

Por su parte, el Bloque 2 alcanza el 60% de validación, insuficiente para superar el umbral establecido. El desacuerdo persiste, principalmente, por dos ítems: el primero, cuya formulación original —“soy bueno/a en ciencias y las matemáticas”— se percibe como ambigua en cuanto a si alude a la competencia objetiva o a la autopercepción, y el octavo, donde la expresión “me da satisfacción” se considera de registro poco natural para el estudiantado objetivo. En respuesta, se reformulan ambos ítems adoptando un lenguaje más accesible, manteniendo el constructo teórico subyacente a ambos. Estos ajustes, junto con la justificación escrita de las decisiones adoptadas, se presentan al panel en la tercera iteración. Así, en esta última iteración los Bloques 1 y 2 alcanzan pleno consenso (100 %), completándose así la validación del instrumento en su totalidad.

La Tabla 2 presenta los ítems que se modifican tras las tres iteraciones del proceso de validación. Con el fin de facilitar la lectura, no se muestran los ítems que se mantienen sin cambios respecto a la versión inicial del cuestionario. Asimismo, en el Bloque 1 se indica entre paréntesis a quién se dirigen las preguntas y se proporciona información sobre el tipo de respuesta asociada a cada pregunta. El cuestionario completo, en dos idiomas, puede consultarse en *Google Forms* (véase el enlace adjunto³).

³ Cuestionario definitivo validado tras tres iteraciones: <https://forms.gle/jZYjUm9oFifXxuJ57>

Tabla 2
Ítems modificados tras tres iteraciones

Bloque 1: Información general
¿Alguno de tus progenitores (o tutor/a legal) ha nacido en el extranjero? ¿Alguno de tus progenitores (o tutor/a legal) estudió en la universidad? ¿Qué tipo de itinerario formativo pretendes cursar en 4.º ESO? (se formula solo al alumnado de 3.º ESO y se le pide seleccionar dentro de una lista de itinerarios) ¿Qué tipo de itinerario formativo cursas actualmente? (se muestra una lista para 4.º ESO y otra distinta para 1.º Bachillerato) ¿Pretendes cambiar de itinerario formativo en 1.º Bachillerato? (se formula solo al alumnado de 4.º ESO y se le pide seleccionar una respuesta de una lista) ¿Has cambiado de itinerario formativo en el paso de 4.º ESO a 1.º Bachillerato? (se formula solo al alumnado de 1.º Bachillerato y se le pide seleccionar una respuesta de una lista) Asignaturas de matemáticas y ciencias que cursas actualmente: (para cada curso se indica una lista) Elige la asignatura de ciencias y matemáticas que mejor se te da: (para cada curso se indica una lista) ¿Has suspendido alguna vez alguna evaluación o curso completo de alguna asignatura de ciencias y matemáticas? Si has suspendido al menos una asignatura, a continuación, se te volverá a formular esta pregunta: (para cada curso se indica una lista) ¿En qué evaluación(es) y en qué curso(s) suspendiste la asignatura? (para cada curso se indica una lista)
Bloque 2: Identidad
Se me dan bien las ciencias y las matemáticas. Estoy satisfecho/a con mi nivel de conocimiento científico-matemático. En mi tiempo libre busco realizar actividades relacionadas con las ciencias y las matemáticas. En las redes sociales sigo cuentas de divulgación científica. Tengo interés por aprender más sobre ciencias y matemáticas. Me siento relajado en las asignaturas y actividades de ciencias y matemáticas. Espero con ilusión que lleguen las clases de ciencias y matemáticas. Comprender ciencias y matemáticas me pone contento/a. Me imagino a mí mismo/a en estudios o trabajos relacionados con ciencias y matemáticas.
Bloque 3: Estereotipos y equidad (se mantiene igual que en la primera versión)
Bloque 4: Apoyo y orientación
El profesorado me da apoyo académico y afectivo cuando tengo dificultades en ciencias y matemáticas. (1.º ítem) Recibo ayuda de mi familia para entender mejor las ciencias y las matemáticas. (2.º ítem) En mi familia hay alguien que es muy bueno/a en ciencias y matemáticas, y me inspira. (4.º ítem) Conozco personas que trabajan en ciencias y matemáticas, y me sirven como modelo a seguir. (5.º ítem) La orientación recibida del profesorado me ha ayudado a tomar decisiones para escoger o seguir en el itinerario de ciencias y matemáticas. (8.º ítem) En el instituto/colegio me han explicado claramente las salidas profesionales de los estudios en ciencias y matemáticas. (9.º ítem)
Bloque 5: Redes de amistades
Si mis amigos/as hablan positivamente de cuestiones ligadas a ciencias y matemáticas, eso condiciona cómo las veo yo. (2.º ítem) Si mis amigos/as hablan negativamente de cuestiones ligadas a ciencias y matemáticas, eso condiciona cómo las veo yo. (3.º ítem) En la decisión de escoger/seguir cursando asignaturas de ciencias y matemáticas, me influye más el seguir con mi propio grupo de amigos/as que mi futuro formativo. (6.º ítem)

CONCLUSIONES Y CUESTIONES ABIERTAS

Los resultados del proceso de validación permiten extraer varias conclusiones relevantes para el diseño y la mejora del cuestionario. En primer lugar, el panel señala la importancia de estructurar adecuadamente el tipo de respuesta en los ítems destinados a recoger información general del alumnado. Con el fin de facilitar el análisis posterior de los datos, se recomienda reducir el número

de preguntas abiertas y priorizar formatos de respuesta cerrada mediante listas de opciones seleccionables. Asimismo, se prioriza una terminología precisa y alineada con el currículo vigente, decisión que contribuye a la claridad del instrumento y a su adecuación al contexto educativo. En este sentido, también se destaca la conveniencia de incorporar términos inclusivos, como “tutor/a legal”, que permitan reflejar de forma más amplia la diversidad de situaciones familiares del alumnado.

En segundo lugar, se observa que, si bien el panel está compuesto por profesorado en activo con amplia experiencia, el lenguaje asociado a la EVT (Wigfield y Eccles, 2000) y a la escala *Math Identity Scale* (Cribbs y Utley, 2024) les es, en cierta manera, ajena y poco familiar. Aunque se trata de instrumentos utilizados y validados en la literatura de investigación, su terminología resulta poco familiar en el contexto docente. Por ello, la propuesta desarrollada en este estudio plantea una reformulación de algunas preguntas relacionadas con la *identidad matemática*, con el objetivo de hacerlas más comprensibles y accesibles para el alumnado. En tercer lugar, el proceso de revisión evidencia la importancia de que los ítems proporcionen toda la información necesaria para interpretar correctamente aquello que se pretende medir. En particular, el panel recomienda especificar con mayor claridad aspectos como el tipo de apoyo recibido por el alumnado y la persona o agente que lo proporciona.

Tras el proceso de validación, el cuestionario ha alcanzado consenso en sus cinco bloques, completándose así la validación del instrumento a nivel de panel de expertos. Posteriormente, el cuestionario se aplicará tanto en ESO como en Bachillerato, con el fin de recabar más información sobre el efecto del *entorno familiar*, la *identidad STEM*, los *estereotipos* y la *equidad*, el *apoyo* y la *orientación*, y las *redes de amistad*, en la continuidad del alumnado en itinerarios STEM. Asimismo, la recogida de datos no solo permitirá validar empíricamente el instrumento, sino que, además, facilitará la caracterización de perfiles estudiantiles y de los factores principales que promuevan la desvinculación de las especialidades STEM.

Referencias

- Beiderbeck, D., Frevel, N., von der Gracht, H. A., Schmidt, S. L. y Schweitzer, V. M. (2021). Preparing, conducting, and analyzing Delphi surveys: Cross-disciplinary practices, new directions, and advancements. *MethodsX*, 8, 101401. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101401>
- Berciano, A. (2025). Retos de la investigación sobre sentido estocástico en proyectos STE(A)M de educación secundaria. En M. Burgos, M. C. Cañadas, J. M. Marbán e I. Polo-Blanco (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVIII* (pp. 20-40). SEIEM.
- Cosnefroy, L. (2007). Les sens multiples de l'intérêt pour une discipline. *Revue française de pédagogie*, 159, 93-102. <https://doi.org/10.4000/rfp.1080>
- Costello, R. A., Salehi, S., Ballen, C. J. y Burkholder, E. (2023). Pathways of opportunity in STEM: comparative investigation of degree attainment across different demographic groups at a large research institution. *International Journal of STEM Education*, 10, 46. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00436-5>
- Cribbs, J. D. y Utley, J. (2024). Mathematics identity instrument development for fifth through twelfth grade students. *Mathematics Education Research Journal*, 36, 767-789. <https://doi.org/10.1007/s13394-023-00474-w>
- Dragnic-Cindric, D. y Fusco, J. (2025). Kay CSCL research topics for K-12 practice: A modified Delphi study with practitioners and researchers. *Computer and Education Open*, 100265. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100265>
- Gras, R., Suzuki, E., Guillet, F. y Spagnolo, F. (2008). *Statistical implicative analysis: Theory and applications*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-78983-3>

- Kricorian, K., Salehi, S., Ballen, C. J. y Burkholder, E. (2020). Factors influencing participation of underrepresented students in STEM fields: matched mentors and mindsets. *International Journal of STEM Education*, 7, 16. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00219-2>
- Lasa, A., Iribas, H., Belletich, O. y Wilhelmi, M. R. (2022). Teacher Degree Students Attitudes towards STEM Activities in two Spanish Universities. *U. Porto Journal of Engineering*, 8(1), 34-50. https://doi.org/10.24840/2183-6493_008.001_0005
- Lambert-Le Mener, M. (2012). *La performance académique des étudiants en première année universitaire: influence des capacités cognitives et de la motivation* [Thèse]. Université de Bourgogne.
- López, P., Simó, P. y Marco, J. (2023). Understanding STEM career choices: A systematic mapping. *Heliyon*, 9, e16676. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16676>
- Ong, M., Wright, C., Espinosa, L. y Orfield, G. (2011). Inside the double bind: A synthesis of empirical research on undergraduate and graduate women of color in science, technology, engineering, and mathematics. *Harvard educational review*, 81(2), 172-209. <https://doi.org/10.17763/haer.81.2.t022245n7x4752v2>
- Pérez, T., Cromley, J. G. y Kaplan, A. (2014). The role of identity development, values, and costs in college STEM retention. *Journal of Educational Psychology*, 106(1), 315–329. <https://doi.org/10.1037/a0034027>
- Raabe, I. J., Boda, Z. y Stadtfeld, C. (2019). The Social Pipeline: How Friend Influence and Peer Exposure Widen the STEM Gender Gap. *Sociology of Education*, 92(2), 105-123. <https://doi.org/10.1177/0038040718824095>
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. *Boletín Oficial del Estado*, 76.
- Rincón, Y. R. y Munárriz, A. (2025). From math aversion to effective integration: Theoretical framework for building quantitative skills in Economics and Business students. *The International Journal of Management Education*, 23, 101193. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2025.101193>
- Starr, C. R., Ramos Carranza, P. y Simpkins, S. D. (2022). Stability and changes in high school students' STEM career expectations: Variability based on STEM support and parent education. *Journal of Adolescence*, 94(6), 906-919. <https://doi.org/10.1002/jad.12067>
- Strayhorn, T. L. (2024). Preliminary Evidence of the Reliability and Validity of a Sense of Belonging in STEM Scale for College Students. *Journal of Science Education and Technology*, 33, 84-93. <https://doi.org/10.1007/s10956-023-10076-7>
- Villa, A. M., Monroe, X. J., Dyer, E. B., Salcido White, M., Britton, T. y Schneider, S. (2026). Identifying as a “STEM Person”: Examining Students’ STEM-Focused High School Experiences. *Journal for STEM Education Research*. <https://doi.org/10.1007/s41979-025-00176-x>
- Wigfield, A. y Eccles, J. S. (2000). Expectancy-Value Theory of Achievement Motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 68-81. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>
- Witteveen, D. y Attewell, P. (2020). The STEM grading penalty: An alternative to the “leaky pipeline” hypothesis. *Science Education*, 104(4), 714-735. <https://doi.org/10.1002/sce.21580>
- Wu, S. H. y Corpus, J. H. (2023). The role of perceived cost in college students’ motivational experiences and long-term achievement outcomes: A mixed-methods approach. *International Journal of Educational Research Open*, 4, 100229. <https://doi.org/10.1016/j.ijedro.2023.100229>