



Estudio previo en el diseño y validación de un instrumento para identificar el conocimiento sobre Naturaleza de STEM

Víctor Martínez-Martínez, Jairo Ortiz-Revilla e Ileana M. Greca

Facultad de Educación, Universidad de Burgos, España

[Recibido el 15 de enero de 2024, aceptado el 30 de abril de 2024]

Resumen: Desde hace algunos años la educación STEM se ha propuesto en varios países para potenciar el desarrollo competencial del alumnado. Por otro lado, la inclusión de la historia, la filosofía y la sociología en la enseñanza de las ciencias resulta esencial para alcanzar una adecuada alfabetización científica de la ciudadanía. En este sentido, se ha comenzado a discutir recientemente sobre la Naturaleza de STEM, sin embargo, no existen herramientas que permitan evaluar su conocimiento por parte del alumnado. Por ello, el principal objetivo de este trabajo es diseñar y validar un instrumento para identificar el conocimiento sobre Naturaleza de STEM en estudiantes de Educación Secundaria, Bachillerato y Universidad. De esta manera, se espera hacer una contribución relevante a la enseñanza integrada de las ciencias y, así, democratizar el conocimiento tecnocientífico, alineando a la comunidad científica con los intereses y necesidades de la sociedad.

Palabras clave: educación STEM; Naturaleza de la Ciencia; Naturaleza de STEM; instrumento; ecología del fuego.

Preliminary study on the design and validation of an instrument to identify knowledge about the nature of STEM

Abstract: STEM education has become the basis of enhancing scientific competencies in many countries. However, history, philosophy and sociology are also essential elements of scientific literacy. In recent times, this question of interdisciplinary integration has given rise to debates around the 'nature' of STEM (NOSTEM). As of yet, however, there are no tools to assess student knowledge about NOSTEM. The main aim of this article is to design and validate an instrument to identify knowledge about NOSTEM among high school and university students as a contribution towards more integrated science education, more democratized technoscientific knowledge, and more alignment between the needs and interests of the scientific community and those of society as a whole.

Keywords: STEM education; Nature of Science; nature of STEM (NOSTEM); instrument; fire ecology.

Para citar el artículo. Martínez-Martínez, V., Ortiz-Revilla, J. y Greca, I. M. (2024). Estudio previo en el diseño y validación de un instrumento para identificar el conocimiento sobre Naturaleza de STEM. *Ápice. Revista De Educación Científica*, 8(1), 85-100. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2024.8.1.10263>

Contacto. victormm@ubu.es, jortizr@ubu.es, imgreca@ubu.es

Justificación

Las disciplinas amparadas bajo el acrónimo STEM (por las iniciales en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) han permitido a la humanidad, no solamente comprender el funcionamiento del universo o diseñar nuevos dispositivos, sino, además, influir de manera notable en su desarrollo histórico como sociedad. A pesar de que el entramado tecnocientífico representa una parte fundamental del tejido social contemporáneo, estamos asistiendo a una crisis de su consideración por parte de la población, acompañada de una creciente confianza en algunas corrientes pseudocientíficas. Junto a este cambio de perspectiva también cabe destacar las recurrentes dificultades para despertar vocaciones en el denominado ámbito STEM (Unión Europea [UE], 2018a).

Aunque, como cualquier problema complejo, todo lo planteado puede tener varias causas (situación socioeconómica, acceso a la cultura, brecha de género, etc.), una de ellas radica en la inadecuada alfabetización científica de la población. Esto sugiere que existe una oportunidad de cambio dentro de la didáctica de las disciplinas STEM y la posibilidad de aportar nuevos enfoques distintos al que venimos asistiendo tradicionalmente, esto es, compartimentado y descontextualizado (Fernández et al., 2002). Por ello, para la inmensa mayoría de la población, el entramado científico-tecnológico es percibido de manera reduccionista (Blanco Fontao et al., 2023).

En respuesta a esta falta de alfabetización científica surgió el movimiento educativo CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) para contrarrestar la falta de consideración ética, social y política en la educación científica tradicional. Esta corriente educativa apunta a preparar a los estudiantes para comprender y participar en debates sobre temas científicos y tecnológicos en contextos del mundo real, contribuyendo así a una ciudadanía informada y crítica (Akçay y Akçay, 2015).

En este sentido, además, existe un amplio consenso en que incluir la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia en los programas de estudio puede beneficiar significativamente el aprendizaje de las disciplinas científicas (Aikenhead, 2015; Michel y Neumann, 2017). El conjunto de conceptos, reflexiones y saberes extraídos de estas disciplinas con el fin de ser usado en el ámbito de la enseñanza de las ciencias recibe el nombre de Naturaleza de la Ciencia (NdC), y constituye una poderosa herramienta para que alumnado no solo entienda las explicaciones, los desarrollos y las herramientas de resolución de problemas que aporta la ciencia, sino que también comprenda qué es la ciencia, cómo se obtiene el conocimiento científico y qué implicaciones tiene en nuestra sociedad (Prachagool y Nuangchalerm, 2019).

Estas tradiciones, de enfoque humanista, provienen desde la Ilustración (Pagden, 2013) y hoy en día representan una de las grandes líneas de investigación dentro de la Didáctica de las Ciencias Experimentales (Ortiz-Revilla et al., 2020).

Este trabajo se une a las corrientes didácticas que aúnan tanto la integración de las disciplinas STEM como la inclusión de la historia, la filosofía y la sociología de la ciencia; una visión sobre la que se ha empezado a contemplar y que recibe el nombre de Naturaleza de STEM (NoSTEM por sus siglas en inglés) (Ortiz-Revilla et al., 2022). Para poder trabajar las visiones sobre la NoSTEM se precisa de un enfoque que integre conocimientos de áreas diversas, sin que exista jerarquía epistémica entre las disciplinas que la componen, y que resuelva problemas que tengan cierto impacto en la sociedad actual. Aunque la teoría sobre NoSTEM se ha comenzado a discutir recientemente, podríamos establecer que abarca un constructo amplio que va más allá de la mera comprensión de las disciplinas STEM en sí mismas. En su esencia, la NoSTEM engloba la epistemología y la naturaleza de las disciplinas STEM y su interrelación, profundizando en qué se considera ciencia,

tecnología, ingeniería y matemáticas en un contexto contemporáneo y socialmente relevante. Asimismo, se adentra en el significado y la producción del conocimiento en este ámbito, destacando tanto el proceso de investigación como los productos resultantes. Además, la NoSTEM contempla la actividad científica y tecnológica desde una perspectiva interna y externa, considerando tanto el funcionamiento de las comunidades STEM como su interacción con la sociedad en general. En este sentido, se exploran los valores y creencias asociados a las disciplinas STEM, así como el papel y la cultura de la comunidad científica y tecnológica en su conjunto. La NoSTEM constituye así un marco integral que busca comprender y contextualizar las disciplinas STEM dentro de su entorno sociocultural y promover una visión holística de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas (Erduran, 2020).

De entre todas las temáticas que se podrían elegir para este fin (las pandemias, la crisis energética-ambiental, los fenómenos meteorológicos extremos, etc.), este trabajo se va a servir de la ayuda de la Ecología del Fuego como temática vertebradora, ya que es un tema de gran importancia social, especialmente en los territorios de la Península Ibérica, y es una temática que sirve como ejemplo paradigmático para aproximarse al conocimiento STEM, además de representar un asunto que exige una ciudadanía alfabetizada científicamente que sea capaz de poder tomar decisiones fundamentadas.

Objetivos

En este contexto, el presente trabajo tiene por objetivo realizar un estudio preliminar para el diseño y validación de un instrumento que permita identificar los conocimientos sobre NoSTEM que posee la ciudadanía y, especialmente, el alumnado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Universidad. El objetivo futuro que se pretende con el proyecto al que pertenece este trabajo es poder evaluar la influencia de la implementación de propuestas didácticas STEM en la adquisición y extrapolación del conocimiento sobre la NoSTEM del alumnado.

Fundamentación

La definición de educación STEM varía ampliamente entre distintos autores (Martín-Páez et al., 2019). Mientras que para la mayoría de ellos implica únicamente renovar la enseñanza de cada una de sus disciplinas (Toma y García-Carmona, 2021), otros la conciben como una educación integrada que permita al alumnado resolver problemas de un modo global, tal y como ocurre en la vida real (Capraro et al., 2013; Sanders, 2009). Esta última visión es la que da base a las recomendaciones de grandes instituciones como la UE o el National Research Council de Estados Unidos (NRC, 2011), y la que fundamenta este trabajo. De este modo, se busca una formación integral y basada en la resolución de los problemas cotidianos (Dare et al., 2021) que permita afrontar los desafíos actuales que se plantea la educación científica: la brecha de género en carreras científico-tecnológicas (López-Rupérez et al., 2019), la actitud del alumnado de origen socioeconómico humilde hacia disciplinas STEM (UE, 2006), el declive de las actitudes hacia la ciencia (Vázquez y Manassero, 2008) o el desarrollo competencial (Ortiz-Revilla, 2020) entre otros.

El objetivo último de la educación STEM integrada es ofrecer al alumnado herramientas para la resolución de cuestiones relevantes como el pensamiento crítico, la capacidad deductiva, la creatividad, la colaboración y la comunicación efectiva, entre otras, para puedan enfrentarse a los problemas del mundo actual (Thibaut et al., 2018). Se busca plantear al estudiantado problemas cercanos que necesiten de la intervención y aporte de varias de las disciplinas STEM para poder afrontarlo. Este aporte común puede verse

desde varios grados de integración: multidisciplinar, interdisciplinar o transdisciplinar, entre otros (Gresnigt et al., 2014). Así, son varios los referenciales que han aportado modelos para la educación STEM que seleccionen teorías y métodos que permitan alcanzar el objetivo de un proceso de enseñanza-aprendizaje competencial, destacando, por su atención a aspectos epistemológicos, psicológicos y didácticos, el propuesto por Ortiz-Revilla et al. (2022).

A pesar de algunas limitaciones presentadas por los enfoques STEM como las dificultades de implantación en currículos demasiado rígidos (Johnson, 2015) o la falta de formación del profesorado (NRC, 2011), entre otros, muchos autores coinciden en que gracias a su implementación el aprendizaje de conceptos teóricos, habilidades y competencias dentro del ámbito STEM puede llegar a ser más efectivo (Greca et al., 2021, Kang, 2019). Además, permite adquirir conocimientos sobre sus dimensiones cognitivas, epistémicas y sobre cómo se construyen sus distintos saberes para aplicarlos a la sociedad, lo que posibilitaría al alumnado comprometerse en la acción política y social ante las controversias sociocientíficas.

De todos los aspectos mencionados, el que concierne a los aspectos epistemológicos de las visiones de la educación STEM integrada es, por ahora, el menos trabajado desde la investigación (Ortiz-Revilla et al., 2021). Esto se puede deber en parte a que, a pesar de que la naturaleza de la ciencia y la matemática han sido ampliamente abordadas, no ha sido así con sus equivalentes en la ingeniería y la tecnología, disciplinas más jóvenes cuyas filosofías y didácticas han comenzado recientemente a ser discutidas (Goldman, 2013; Quintanilla, 2017).

Continuando con la visión de una educación integrada que permita a los ciudadanos enfrentarse a los problemas de un mundo cambiante, se pretende adoptar la perspectiva de que la NoSTEM es mucho más que la suma individual de las naturalezas que la componen. Por tanto, este trabajo se adhiere a lo planteado por Ortiz-Revilla et al. (2020) que, en concordancia con uno de los grandes modelos que propone la sociología de la ciencia, plantean tratar la NoSTEM desde la perspectiva de “seamless web” (Hughes, 2012). En esta perspectiva Hughes argumenta que la ciencia y la tecnología están intrínsecamente entrelazadas y evolucionan en conjunto, influenciadas por factores culturales, políticos y económicos. Esta perspectiva desafía la noción de que la ciencia y la tecnología son entidades separadas y resalta la importancia de comprender su relación dinámica para una apreciación completa de su impacto en la sociedad. En este sentido, algunos autores defienden que, en la NoSTEM, en el marco de la perspectiva de Hughes, los componentes de STEM mantienen una estrecha relación de interdependencia en sus actividades y ninguno de ellos tiene prevalencia epistemológica sobre los otros (Erduran, 2020).

Además, Ortiz-Revilla et al. (2020) adoptan los “parecidos de familia”, un enfoque popularizado en el campo de la didáctica de las ciencias para establecer un marco filosófico para la enseñanza de la NdC (Irzik y Nola, 2011), que ahora plantean como coherente y apropiado para indagar sobre la NoSTEM. Este marco defiende que, aunque las ciencias son difícilmente abarcables por una definición, presentan rasgos comunes (como los rasgos familiares) que las agrupan como entidades similares, aunque tengan características distintivas. Esos rasgos comunes pueden agruparse en dos tipos de dimensiones, epistémicas y sociales, que se interrelacionan y definen la disciplina en cuestión (Kaya y Erduran, 2016).

Varios autores señalan la relevancia de trabajar aspectos de la NdC (Adúriz-Bravo, 2014; Allchin, 2012, entre otros) en base a ejemplos concretos, lo que en este caso hemos extrapolado a la NoSTEM. Por ello, dada su importancia a nivel social, el conocimiento que la ciudadanía tiene sobre los temas que trata la Ecología del Fuego, que además posee una

dimensión ampliamente interdisciplinar, aquella se presenta como una herramienta idónea para trabajar varios elementos de la NoSTEM.

Metodología

El instrumento inicial se compuso por una serie de 30 ítems cerrados. Para la determinación de los ítems relevantes y susceptibles de ser incluidos y, siguiendo la propuesta acerca del debate sobre la NoSTEM de Ortiz-Revilla et al. (2022), se siguió un marco teórico-filosófico que permitiera integrar la perspectiva “seamless web” con el abordaje de los parecidos de familia. Por ello, se consideraron apropiadas la propuesta de Irzik y Nola (2014) y la posterior adaptación de Erduran et al. (2019), que permiten estructurar los elementos epistémicos más representativos que tienen en común la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas, así como los componentes epistemológicos apropiados para trabajar en el aula. Este marco tiene en cuenta que el conocimiento científico se ayuda de unas determinadas metodologías y normas que se deben alinear con valores éticos, sociales y políticos para poder alcanzar satisfactoriamente sus objetivos. Todas estas dimensiones y características se agrupan, o bien en el sistema cognitivo-epistémico, o en el político-social.

El sistema cognitivo-epistémico está compuesto por las siguientes dimensiones: objetivos y valores de la ciencia, prácticas científicas, métodos y reglas metodológicas, y conocimiento científico. Por otra parte, las dimensiones que componen el sistema político-social son: actividades profesionales, ética científica, certificación social y difusión, valores sociales de la ciencia, organizaciones e interacciones sociales, estructuras de poder político y financiación.

En la línea de la propuesta de Erduran et al. (2019), se realizó una revisión sobre los temas fundamentales de Ecología del Fuego para poder confeccionar una tabla con los aspectos de las dimensiones señaladas. La búsqueda se focalizó en investigaciones que trataran sobre: técnicas y metodologías aplicadas (Caldararo, 2002; Gomes et al., 2018; Pérez-Rodríguez et al., 2019; Thompson y Calkin, 2011), estudio de los incendios y comunicación a la ciudadanía (Gómez-Sánchez et al., 2019; Pausas, 2015; Pausas y Keeley, 2019), repercusiones y percepción de la ciudadanía (Hetemäki, 2019; Lake et al., 2017; Minor y Boyce, 2018; Pielke, 2007) y políticas de gestión y prevención (García-Ruiz et al., 2020; UE, 2018b). Así mismo y con el fin de documentar mejor la investigación, también se consultaron varios sitios web oficiales tanto de organismos públicos como de entidades privadas relevantes. De este modo, se contemplaron todos los aspectos necesarios sobre los dos sistemas. Los elementos reunidos para la nueva tabla fueron confeccionados conjuntamente y validados mediante entrevistas realizadas a dos investigadoras de la Universidad de León especializadas en Ecología del Fuego. En la Tabla 1 se muestra una ejemplificación de la estructura final para una dimensión concreta (“Métodos y reglas metodológicas”). En la Tabla 2 se presenta una síntesis de la tabla completa, cuyo procedimiento de construcción detallado puede consultarse en Martínez-Martínez et al. (2023).

Aikenhead y Ryan (1992) defienden que, a la hora de elaborar cuestionarios de ítems cerrados, el investigador puede condicionar la respuesta de los sujetos mediante la propia redacción de los ítems. Esto es, que el investigador, sin quererlo, puede favorecer la elección de alguna de las opciones que se ofrece en cada ítem: la opción que el investigador cree correcta suele consistir en una declaración más elaborada, mejor redactada; concuerda en género y número con la pregunta; puede haber unas opciones más laxas que otras, etc. Para evitar esta limitación, proponen que se elabore un instrumento intermedio en el que sujetos del grupo al que va a ir destinado el cuestionario sean los que confeccionen las opciones del instrumento cerrado definitivo. Para cada ítem se redactan dos enunciados

Tabla 1. Ejemplificación de la dimensión “Métodos y reglas metodológicas”.

Aspectos epistemológicos que podrían abordarse	Referencias	Entrevista
<ul style="list-style-type: none"> Instrumentación para la toma de datos: teledetección y muestras de campo. Protocolos de laboratorio extraídos de bibliografía. Procesamiento de los datos mediante software específico. Modelos computacionales y simulaciones informáticas mediante software específico. Distintos procedimientos de recuperación del paisaje basados en evidencias y en constante revisión. 	<p>“Use of a UAV with a multispectral camera for forest damage monitoring.” (Pérez-Rodríguez et al., 2019).</p> <p>“A fire event involves complex interactions and feedbacks between biotic and abiotic processes. Mathematical models are useful to simulate these multiple and complex ecological processes...” (Gomes et al., 2018).</p>	<p>Experta 1: “Todo depende de lo que quieras medir, pero siempre hay distintos protocolos de laboratorio y de toma de muestra. Rara vez se inventa algo nuevo; hay un fondo bibliográfico importante. (...) Son muy importantes los paquetes de software SIG (ArcGis, QGIS, Google Earth Engine) que te permiten procesar la información. Siempre nos basamos en modelos matemáticos-estadísticos; dependiendo del tipo de datos que tengas utilizarás un método u otro: lineal, generales mixtos o random forest. Ahora lo que se está poniendo de moda es la Inteligencia Artificial”.</p> <p>Experta 2: “Una vez ocurrido el incendio lo más urgente es perimetrarlo y analizar la severidad mediante sistemas de teledetección (...) Hay una revisión permanente de las metodologías de recuperación por parte de la administración ya que los proyectos son de carácter público y se debe comprobar su eficacia”.</p>

contradictorios entre sí, solicitando al sujeto marcar en varias casillas si está de acuerdo, en desacuerdo o no sabe que contestar sobre cada uno de los enunciados (Figura 1), de manera que pueda llegar a múltiples combinaciones: no sabe que contestar; está de acuerdo con una frase, pero no con la otra; está de acuerdo con las dos, etc.

Ítem 17	Estoy de acuerdo	Estoy en desacuerdo	No sé
Los científicos que estudian los incendios son profesionales que nunca se dejan influenciar por sus creencias personales.			
Los científicos que estudian los incendios, aunque son profesionales, pueden dejarse influir por sus creencias personales.			
Justificación:			

Figura 1. Ejemplo de uno de los ítems utilizados en el instrumento cerrado intermedio siguiendo las indicaciones de Aikenhead y Ryan (1992).

El objetivo de esta estructura es dar pie a que el sujeto explique su elección mediante una justificación, ya que será de donde se extraigan las distintas opciones del cuestionario definitivo; de este modo el investigador no condiciona la elección. A estas respuestas derivadas de las justificaciones se le añadirán tres opciones más: “no entiendo alguna de las afirmaciones”, “no sé lo suficiente como para responder sobre este tema” y “ninguna de las afirmaciones se ajusta a mi punto de vista”. De este modo si el sujeto no está de

Tabla 2. Adaptación de la tabla presente en Martínez-Martínez et al. (2023)

Sistema cognitivo-epistémico		Sistema político-social	
Objetivos y valores	En la Ecología del Fuego se busca investigar los incendios desde un punto de vista interdisciplinar que permita abordar sus efectos y consecuencias, así como aportar soluciones una vez se haya dado.	Actividades profesionales	La Ecología del Fuego permite formar tanto a científicos que desarrollan su labor en instituciones pública o privadas como a los profesionales que forman parte de los cuerpos de extinción contra incendios.
Prácticas científicas	Dentro de las prácticas científicas propias de la Ecología del Fuego se pueden encontrar: prácticas epistémicas (la videovigilancia y los SIG, el muestreo de campo, el análisis edafológico o la experimentación mediante quemas controladas), cognitivas (la creación de bancos de datos, modelos matemáticos o simulaciones informáticas) y discursivas (el asesoramiento político o la concienciación ciudadana).	Ética científica	Los científicos que investigan en Ecología del Fuego se ven envueltos en la dicotomía de hacer sus datos públicos por un bien común, o bien, reservarlos para las publicaciones y así poder competir con otros grupos de investigación.
		Certificación social y difusión	Los hallazgos publicados por los científicos en la Ecología del Fuego serán sometidos a juicio por sus pares en revistas, congresos... Todo el conocimiento científico es, en última instancia compartido, con las administraciones públicas (para la elaboración de leyes) y con la ciudadanía (divulgación y concienciación).
Métodos y reglas metodológicas	La metodología que se sigue en el estudio de los incendios comprende tanto el uso de una instrumentación concreta (teledetección, laboratorio de muestras...) y un software específico para la simulación de fuegos, así como unos protocolos de recuperación del paisaje preestablecidos.	Valores sociales de la ciencia	La Ecología del Fuego no sólo busca la protección de los bienes biológicos, sociales y económicos a través de la lucha contra los incendios, sino que además busca que la recuperación cuando el incendio ya se ha producido sea de la forma más eficaz y económica posible atendiendo tanto a lo natural como a lo social.
		Organizaciones e interacciones sociales	Como en el resto de las áreas científicas, existe una jerarquía investigadora que solicita las ayudas a través de proyectos nacionales y autonómicos. Cada vez es más común encontrar colaboraciones público-privadas y entre varios grupos de investigación repartidos en diferentes áreas climáticas.
Conocimiento científico	Los conocimientos producidos por la Ecología del Fuego van desde la mejora de métodos de extinción y prevención de incendios, hasta la implementación de nuevos planes de ayuda una vez que el incendio ha ocurrido, pasando por la acumulación de datos en un contexto de clima cambiante.	Estructuras de poder político	En España la gestión política en este ámbito viene por parte del Ministerio de Transición Ecológica y tiene sus competencias derivadas a las Comunidades Autónomas.
		Financiación	Cada vez más países están apostando por invertir en gestión forestal en vez de en lucha contra incendios. Sin embargo, el abandono demográfico del entorno rural hace costosa y complicada esta gestión.

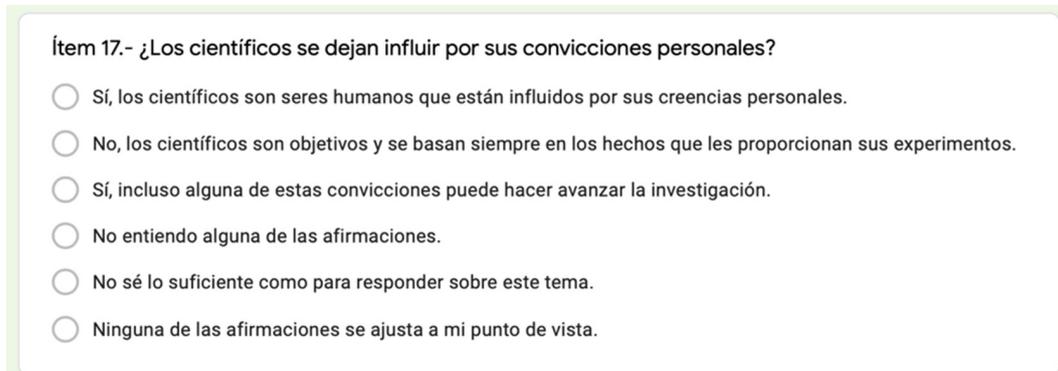
acuerdo con alguna de las respuestas proporcionadas por el instrumento puede elegir alguna de estas opciones, lo que permite obtener información relevante sobre la falta de conocimientos y no se obliga al encuestado a elegir alguna de las opciones del ítem.

Siguiendo estas pautas se elaboró un cuestionario de un total de 30 ítems, del tipo mostrado en la Figura 1, basados en la Ecología del Fuego y relacionados con los elementos de las dimensiones cognitivo-epistémicas y político-sociales.

Este cuestionario fue administrado en un Instituto de Educación Secundaria sito en Castilla y León a un total de 58 alumnos y alumnas de entre 14 y 18 años que cursaban, o bien Educación Secundaria Obligatoria, o bien Bachillerato. El alumnado participante pertenecía tanto a las modalidades vinculadas a las ciencias experimentales como a las ciencias sociales y humanidades, de este modo se contó con una muestra más normalizada en cuanto a conocimiento sobre el ámbito STEM.

Siguiendo a Aikenhead y Ryan (1992) se realizó un análisis cualitativo de las justificaciones proporcionadas por los alumnos. Luego, se agruparon por categorías en función de su similitud y de todas las justificaciones se escogió la que representaba mejor al grupo de respuestas. Se reformuló una pregunta a partir de las dos declaraciones contradictorias mencionadas y cada una de las categorías creadas se reescribió para que encajara como una opción del ítem cerrado definitivo (Figura 2).

Paralelamente, se eliminaron los ítems que tuvieron baja incidencia o que los encuestados tendieron a malinterpretar, suprimiéndose un total de 5 ítems en este proceso y obteniendo 25 ítems cerrados de opción múltiple. Por último, se administró a un grupo de 56 personas residentes en España y Argentina cuyo nivel de estudios iba desde la Educación Secundaria Obligatoria hasta el Doctorado.



Ítem 17.- ¿Los científicos se dejan influir por sus convicciones personales?

- Sí, los científicos son seres humanos que están influidos por sus creencias personales.
- No, los científicos son objetivos y se basan siempre en los hechos que les proporcionan sus experimentos.
- Sí, incluso alguna de estas convicciones puede hacer avanzar la investigación.
- No entiendo alguna de las afirmaciones.
- No sé lo suficiente como para responder sobre este tema.
- Ninguna de las afirmaciones se ajusta a mi punto de vista.

Figura 2. Ejemplo de uno de los ítems utilizados en el instrumento cerrado definitivo.

El instrumento fue revisado y validado por un total de seis expertos: dos investigadoras en Ecología del Fuego de la Universidad de León; un investigador de la Universidad de Burgos especializado en problemas ambientales; y tres investigadores en el área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, los dos directores de este Trabajo Fin de Máster y un investigador de la Universidad de Granada experto en investigación en el área ambiental y educación STEM. Los comentarios y sugerencias de los expertos acerca de la incorporación, modificación o eliminación de ciertos ítems sirvieron para refinar el instrumento.

Resultados

Para la validación estadística de los ítems cerrados a través de los resultados obtenidos se utilizó el programa de software IBM SPSS Statistics V25.0.

En primer lugar, se implementó una codificación de los resultados del instrumento en una matriz de datos. Este proceso permitió simplificar el análisis estadístico de manera efectiva. Se optó por asignar un puntaje de 1 a aquellas respuestas que reflejaban una comprensión más alineada con los principios de la perspectiva NoSTEM y su constructo. Por otro lado, las respuestas que no cumplían con esta condición o que estaban clasificadas en el grupo "no sabe/no contesta" fueron puntuadas con 0. Esta metodología de puntuación, adecuada para un estudio previo, se seleccionó con el objetivo de distinguir claramente entre las percepciones que reflejan una comprensión adecuada de la NoSTEM y aquellas que indican falta de conocimiento o prejuicios injustificados.

Se comprobó mediante el alfa de Cronbach la fiabilidad de la parte del cuestionario compuesto por los 25 ítems cerrados. El programa informático proporcionó un valor de $\alpha = 0,848$ para el conjunto total de ítems, lo cual, según el criterio de George y Mallery (1995), supone un nivel alto de fiabilidad. A continuación, se realizó un análisis factorial exploratorio (AFE), una de las técnicas más utilizadas para el desarrollo y validación de instrumentos de medida en campos afines a la educación (López-Aguado y Gutiérrez-Provecho, 2019). Para esta técnica se calculó el descriptivo Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) combinado con el índice de esfericidad de Barlett que contrastan la correlación entre variables y permiten agrupar los ítems en grupos coherentes. Al introducir todos los ítems, el programa proporcionó un valor KMO = 0,538 y un total de nueve componentes. Según el propio Kaiser (1970) valores que no superen KMO = 0,7 se consideran mediocres, por lo que se debieron probar diferentes combinaciones de las variables para poder obtener un mejor valor KMO. Tras varias pruebas, y con la eliminación de varios ítems según criterios de la literatura (Lloret-Segura et al., 2014), se llegó a una matriz de variables con un valor KMO aceptable y con factores agrupados que presentaban coherencia con la teoría expuesta. Al analizar la matriz en cuestión, de 12 ítems, se consiguió un valor de $\alpha = 0,765$, un KMO = 0,702 y una significación de índice de esfericidad de Barlett menor de 0,001, por lo que se consiguió demostrar la fiabilidad del cuestionario con los ítems eliminados y una matriz adecuada de correlación significativa. Además de unas cargas factoriales adecuadas a la literatura (Bandalos y Finney, 2010) para la matriz del componente rotado, agrupando los ítems en cuatro componentes coherentes con la teoría (Figura 3). En el apartado siguiente se discutirán los factores encontrados.

Matriz de componente rotado^a

	Componente			
	1	2	3	4
p4		,621		
p6				,717
p9			,632	
p10		,492		
p12				,794
p16			,846	
p17		,559		
p18	,677			
p19	,621			
p20	,837			
p22	,587			
p25		,710		

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Figura 3. Matriz del componente rotado.

La prueba final ha agrupado los ítems cerrados en cuatro grupos coherentes (tabla 3) con la teoría expuesta a lo largo del trabajo. El AFE agrupó en un mismo factor 4 ítems que trataban sobre el papel social que juega la investigación de los incendios, reuniendo temas de políticas de financiación y colaboración público-privada, así como temas que relacionaban a la ciudadanía con los efectos de un incendio. Este factor tiene una estrecha relación con el sistema político-social de la tabla de Erduran et al. (2019), concretamente con las dimensiones sobre “Valores sociales de la ciencia”, “Estructuras de poder político” y “Financiación”. Por otro lado, se pudo encontrar un factor compuesto por 4 ítems, todos ellos relacionado con conocimientos específicos sobre la Ecología del Fuego. Este factor se ve íntimamente relacionado con la parte de “Conocimiento científico” de la Tabla 1. El siguiente factor encontrado, contenía 2 ítems claramente afines a la dimensión de “Ethos científica”. Y, por último, el AFE agrupó 2 ítems relacionados con la dimensión de “Prácticas científicas”, ya que versan sobre procedimientos epistémicos y discursivos.

Es interesante destacar que los ítems cerrados finales, que se encuentran equilibrados en número entre ambos sistemas, permitirían conocer las ideas que el alumnado tiene sobre las dos dimensiones de nuestra tabla de NoSTEM en aspectos que son relevantes para cualquier problema que involucre el entramado STEM

Tabla 3. Relación de componentes e ítems tras el AFE.

Componentes	Ítems
Instituciones y políticas sobre incendios	<ul style="list-style-type: none"> • ¿A qué miembros de la sociedad conciernen los descubrimientos científicos sobre incendios? • ¿Debería existir colaboración público-privada en la investigación de los incendios? • ¿Quién debería tomar las decisiones sobre qué hacer tras un incendio? • ¿Qué ocurriría si invirtiéramos más dinero en gestión forestal?
Conocimiento científico sobre Ecología del Fuego	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Desde qué perspectiva se estudian los incendios forestales? • A la hora de dar con soluciones contra los incendios, ¿se debe cuidar a toda costa el medio ambiente sin dejarse influenciar por lo social o lo económico? • ¿Los incendios son buenos o malos? • ¿Se pueden aplicar los datos sobre incendios de una zona climática a otra zona distinta?
Ética científica	<ul style="list-style-type: none"> • En ocasiones los hallazgos científicos de un grupo de investigación se mantienen en secreto hasta el momento de su publicación porque existe competitividad entre grupos científicos, ¿crees que es correcto? • ¿Los científicos se dejan influir por sus convicciones personales?
Prácticas científicas	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Estudiar los incendios del pasado ayuda a comprender los actuales? • En materia de incendios, ¿se pueden tomar decisiones basadas en criterios científicos, aunque no tengamos un 100% de certeza?

Conclusiones

Las políticas de democratización del conocimiento científico se han vuelto una prioridad para múltiples países y están marcando las agendas de futuro de, entre otros, el Consejo Europeo (UE, 2021). Por ello, es de gran importancia desarrollar herramientas que permitan adquirir una visión sobre los conocimientos tecnocientíficos de la ciudadanía, sea cual sea su nivel de estudios. Los resultados de este trabajo muestran que se ha desarrollado un instrumento útil para evaluar los conocimientos de NoSTEM ya que ha superado finalmente de forma satisfactoria la validación de los expertos y las pruebas estadísticas.

El presente trabajo, aunque se trata de un estudio preliminar, demuestra la posibilidad de desarrollar un instrumento de evaluación válido sobre NoSTEM basado en los fundamentos teóricos de “seamless web” y el abordaje de los parecidos de familia, tal y como proponen Ortiz-Revilla et al. (2020), estableciendo así un marco filosófico sólido para la formación científica de la población. Además, se ha confeccionado un protocolo de trabajo que permite seguir un procedimiento sistemático para la creación de instrumentos de evaluación sobre conocimiento de NoSTEM y será un recurso útil para otros investigadores en la creación de instrumentos similares basados en temáticas distintas de la Ecología del Fuego. Cabe destacar que este instrumento, por lo menos según el conocimiento de los autores, es el único que evalúa el conocimiento de NoSTEM de manera integrada y que ha contado con un grupo de expertos interdisciplinarios para la construcción de los ítems y su validación, así como sujetos del grupo en el que será aplicado.

Si bien la muestra (N = 56) ha sido baja comparada con otras investigaciones de la temática STEM o NdC (Guzey et al., 2014; Lombrozo, 2008), este trabajo presenta resultados similares en cuanto a la fiabilidad y validación del instrumento.

En futuras investigaciones, sería deseable pasar el instrumento a una muestra mayor, de al menos 200 sujetos, para llegar a N = 250 en total, número recomendado para validar un instrumento de 25 ítems (Martínez-Martínez, 2023). Así se podrán verificar los resultados obtenidos a través de un análisis factorial confirmatorio y realizar pruebas de discriminación que no se han podido llevar a cabo por el bajo tamaño de la muestra. Además, se ampliará el instrumento con una serie de ítems abiertos que complementen a los ya validados. De este modo, se podrán obtener datos relevantes sobre los conocimientos de NoSTEM de una muestra concreta de la población, descubriendo las carencias en la formación científica del alumnado y permitiendo a investigadores y organismos implementar las mejoras necesarias en la educación científica de nuestra sociedad. Más concretamente, en el marco del proyecto bajo el que se ampara este trabajo, se podrán, junto a otras temáticas distintas de la Ecología del Fuego, diseñar y evaluar unidades didácticas específicas para una adecuada alfabetización científica de la ciudadanía que incluyan, entre otros temas: comprender las relaciones entre las disciplinas STEM y hasta qué punto se pueden extrapolar los conocimientos sobre la NoSTEM aprendidos dentro una temática a otra diferente; saber cómo se obtiene el conocimiento científico y cómo distinguirlo del pseudocientífico; enfrentarse coherentemente a controversias sociocientíficas; entender la ciencia y la tecnología como hechos socioculturales; etc.

Referencias bibliográficas

- Ackay, B. y Ackay, H. (2015). Effectiveness of Science-Technology-Society (STS) Instruction on Student Understanding of the Nature of Science and Attitudes toward Science. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 3(1), 37-45.

- Adúriz-Bravo, A. (2014). Teaching the Nature of Science with scientific narratives. *Interchange*, 45, 167–184. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9229-7>
- Aikenhead, G. S. (2015). Humanist perspectives on Science Education. En R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (pp. 467-471). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_364
- Aikenhead, G. S. y Ryan, A. G. (1992). The development of a new instrument “Views on science-technology-society” (VOSTS). *Science Education*, 76, 477-491. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.3730760503>
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518-542. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20432>
- Allchin, D. (2012) Teaching the nature of science through scientific errors. *Science Education*, 96, 904-926. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce21019>
- Bandalos, D. L. y Finney, S. J. (2010). Factor analysis: exploratory and confirmatory. En G. R. Hancock y R. O. Mueller (Eds.), *Reviewer’s guide to quantitative methods*. Routledge.
- Blanco Fontao, C., del Pino, J., Pereira, F. J. y Arias-Gago, A. R. (2023). Cambios en la percepción de la ciencia derivados de la pandemia de la COVID-19. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(3), 53-68. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5760>
- Caldararo, N. (2002). Human ecological intervention and the role of forest fires in human ecology. *The Science of the Total Environment*, 292, 141-165. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)01067-1](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)01067-1)
- Capraro, M. M., Capraro, R. M., y Morgan, J. R. (Eds.). (2013). *STEM project-based learning: an integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Sense Publishers. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6>
- Dare, E. A., Keratithamkul, K., Hitwatig, B. M. y Li, F. (2021) Beyond content: the role of STEM disciplines, real-world problems, 21st Century skills, and STEM careers within science teachers’ conceptions of integrated STEM education. *Education Sciences*, 11, 737. DOI: <https://doi.org/10.3390/educsci11110737>
- Erduran, S., Dagher, Z. R. y McDonald, C. V. (2019). Contributions of the Family Resemblance Approach to nature of science in science education. *Science & Education*, 28, 311-328. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00052-2>
- Erduran, S. (2020). Nature of “STEM”? Epistemic underpinnings of integrated Science, Technology, Engineering and Mathematics in Education. *Science & Education*, 29(3), 781-784. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00150-6>
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Chachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3962>
- Funtowicz, S. O. y Ravetz, J. R. (2000). *La ciencia posnormal*. Kluwer.
- García-Ruiz, J. M., Lasanta, T., Nada-Romero, E., Lana-Renault, N. y Álvarez-Farizo, B. (2020). Rewilding and restoring cultural landscapes in mediterranean mountains: opportunities and challenges. *Land Use Policy*, 99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104850>
- George, D. y Mallery, P. (1995). *SPSS/PC + Step. A simple guide and reference*. Wadsworth Publishing Company.

- Goldman, S. L. (2013). Why we need a philosophy of engineering: a work in progress. *Interdisciplinary Science Reviews*, 29(2), 163-176. DOI: <https://doi.org/10.1179/030801804225012572>
- Gomes, L., Miranda H. S. y Bustamante, M. M. (2018). How can we advance the knowledge on the behavior and effects of fire in the Cerrado biome? *Forest Ecology and Management*, 417, 281-290. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.02.032>
- Gómez-Sánchez, E., Lucas-Borja, M. E., Plaza-Álvarez, P. A., González-Romero, J., Sagra, J., Moya, D. y De Las Heras, J. (2019). Effects of post-fire hillslope stabilisation techniques on chemical, physico-chemical and microbiological soil properties in mediterranean forest ecosystems. *Journal of Environmental Management*, 246, 229-238. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.150>
- 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. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1802
- Gresnigt, R., Taconis, R., van Keulen, H. Gravemeijer, K. y Baartman, L. (2014). Promoting Science and technology in primary education: A review of integrated curricula. *Studies in Science Education*, 50(1), 47-84. DOI: <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.877694>
- Guzey, S. S., Harwell, M. y Moore, T. (2014). Development of an instrument to assess attitudes toward science, technology, engineering and mathematics (STEM). *School Science and Mathematics*, 114(6), 271-279. DOI: <https://doi.org/10.1111/ssm.12077>
- Hetemäki, L. (2019). The role of science in forest policy-Experiences by EFI. *Forest Policy and Economics*, 105, 10-16. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.05.014>
- Hughes, T. P. (2012). The evolution of large technological systems. En W. E. Biker, T. P. Hughes y T. J. Pinch (Eds.), *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology* (pp. 45-77). MIT Press.
- Irzik, G., y Nola, R. (2011). A family resemblance approach to the nature of science for science education. *Science & Education*, 20(7-8), 591-607. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9293-4>
- Irzik, G. y Nola, R. (2014). New directions for nature of science research. En M. Matthews (Ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching* (pp. 999-1021). Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_30
- Kaiser, H. F. (1970). A second-generation Little Jiffy. *Psychometrika*, 35, 401-415. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02291817>
- Kang, N-H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(6), 1-22. DOI: <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y>
- Kaya, E. y Erduran, S. (2016). From FRA to RFN, how the family resemblance approach can be transformed for science curriculum analysis on nature of science. *Science & Education*, 25(9-10), 1-22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9861-3>
- Lake, F. K., Wright, V., Morgan, P., McFadzen, M., Mcwethy, D. y Stevens-Rumann, C. (2017). Returning fire to the land: celebrating traditional knowledge and fire. *Journal of Forestry*, 115(5), 343-353. DOI: <https://doi.org/10.5849/jof.2016-043R2>

- Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: the benefits of integrating the Arts into STEM. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.317>
- Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A. y Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología*, 30(3), 1151-1169. DOI: <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>
- Lombrozo, T., Thanukos, A. y Weisberg, M. (2008) The importance of understanding the Nature of Science for accepting evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1, 290–298. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12052-008-0061-8>
- López-Aguado, M., y Guitiérrez-Provecho, L. (2019). Com dur a terme i interpretar una anàlisi factorial exploratòria utilitzando SPSS. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 12(2), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.227057>
- López-Rupérez, F., Expósito-Casas, E., y García-García, I. (2019). Educación científica y brecha de género en España en alumnos de 15 años. Análisis secundarios de PISA 2015. *Revista Complutense de Educación*, 32(1), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.5209/rced.66090>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. y Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(3), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Martínez-Martínez, V., Greca, I. M. y Ortiz-Revilla, J. (2023). Enseñanza de la naturaleza de la ciencia a partir de la ecología del fuego. En P. Membiela y M.I. Cebreiros (Eds.) *Estrategias metodológicas e investigación en la enseñanza de las ciencias* (pp. 117-122). Educación Editora.
- Michel, H. y Neumann, I. (2017). Nature of Science and Science Content Learning: The Relation Between Students' Nature of Science Understanding and Their Learning About the Concept of Energy. *Science & Education*, 25(9), 951-975. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9860-4>
- Minor, J. y Boyce, G. A. (2018). Smokey and the pyropolitics of United States forest governance. *Political Geography*, 62, 79-93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2017.10.005>
- National Research Council. (2011). Successful K-12 Stem education. Identifying effective approaches in science, technology, engineering and mathematics. DOI: <https://doi.org/10.17226/13158>.
- Ortiz-Revilla, J. (2020). El desarrollo competencial en la Educación Primaria: efectos de una propuesta STEAM integrada (Tesis doctoral). Recuperado de: <https://riubu.ubu.es/handle/10259/5521>
- Ortiz-Revilla, J., Adúriz-Bravo, A. y Greca I. M. (2020). A framework for epistemological discussion on integrated STEM education. *Science & Education*, 29(4), 857-880. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00131-9>
- Ortiz-Revilla, J., Sanz-Camarero, R. y Greca, I. M. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(2), 13-33. DOI: <https://doi.org/10.35362/rie8724634>
- Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M. y Arriasecq, I. (2022) A theoretical framework for integrated STEM education. *Science & Education*, 31(2), 383-404. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x>

- Padgen, A. (2013). *The Enlightenment and Why It still Matters*. Oxford University Press.
- Pausas, J. G., (2015). Evolutionary fire ecology: lessons learned from pines. *Trends in Plant Sciences*, 20(5), 318-324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.03.001>
- Pausas, J. G. y Keeley, J. E. (2019), Wildfires as an ecosystem service. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(5), 289-295. DOI: <https://doi.org/10.1002/fee.2044>
- Pielke, R. A. (2007). *The honest broker: Making sense of science in Policy and Politics*. Cambridge University Press. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511818110>
- Pérez-Rodríguez, L. A., Quintano, C., García-Llamas, P., Fernández-García, V. y Taboada, A. (septiembre, 2019). Using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for forest damage monitoring in south-western Europe [Presentation of paper]. *Imaging Spectrometry XXIII: Applications, Sensors, and Processing, SPIE Optical Engineering + Applications*. DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2531265>
- Prachagool, V. y Nuangchalerm, P. (2019). Investigating understanding the Nature of Science. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 8(4), 719-725. DOI: <https://doi.org/10.11591/ijere.v8i4.20282>
- Quintanilla, M. A. (2017). *Tecnología: un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*. Fondo de Cultura Económica.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26. Recuperado de: <https://eric.ed.gov/?id=EJ821633>
- Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P. y Depaepe, F. (2018). Integrated STEM education: a systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education*, 3(1), 02. DOI: <https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525>
- Thompson, M. P. y Calkin, E. C. (2011). Uncertainty and risk in wildland fire management: a review. *Journal of Environmental Management*, 92, 1895-1909. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envman.2011.03.015>.
- Toma, R. B. y García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(1), 65-80. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Unión Europea (2006). *Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. Recuperado de: <https://www.eesc.europa.eu/sites/default/files/resources/docs/rapportrocardfinal.pdf>
- Unión Europea (2015). *Science education for responsible citizenship*. Recuperado de: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/12626>
- Unión Europea (2018a). *Science career plans of adolescents: patterns trends and gender divide*. <https://doi.org/10.2760/251627>
- Unión Europea (2018b). *Sparking fire smart policies in the EU*. DOI: <https://doi.org/10.2777/181450>
- Unión Europea, (2021). *Citizen science for policy across Europe*. Recuperado de: https://eu-citizen.science/static/site/files/EU-Citizen_Science_2021_report-policy-event.pdf

Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 5(3), 274-292. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2008.v5.i3.03