

Diseño y validación de una rúbrica para la evaluación de propuestas didácticas STEM (RubeSTEM)

David AGUILERA
Araceli GARCÍA-YEGUAS
Francisco Javier PERALES-PALACIOS
José Miguel VÍLCHEZ-GONZÁLEZ

Datos de contacto:

David Aguilera Morales
Universidad Isabel I
david.aguilera7939@ui1.es

Araceli García Yeguas
Universidad de Granada
araceligv@ugr.es

Francisco Javier Perales Palacios
Universidad de Granada
fperales@ugr.es

José Miguel Vílchez-González
Universidad de Granada
jmvilchez@ugr.es

Recibido: 01/12/2021
Aceptado: 12/04/2022

RESUMEN

En este artículo se plantean dos objetivos: (1) el diseño, desarrollo y validación de una rúbrica para evaluar la calidad de propuestas didácticas STEM; y (2) su aplicación en las producciones de una muestra de estudiantes del Grado de Primaria. Para ello, se parte de un marco teórico que expone los antecedentes y nuestro posicionamiento ante la temática STEM, revisando asimismo otras investigaciones relacionadas con nuestros objetivos. A continuación, se sigue un proceso de validación de contenido por expertos, aplicándose la rúbrica obtenida (RubeSTEM) a una muestra de 26 trabajos grupales de estudiantes que habían recibido una formación previa. Los resultados incluyen los estadísticos descriptivos de la evaluación de las propuestas a partir de los indicadores de RubeSTEM y, mediante un análisis cualitativo, se extraen las dificultades que presentan cierta recurrencia cuando los estudiantes se enfrentan al reto de diseñar una propuesta STEM. Solo una mínima parte de las propuestas reúnen unos requisitos aceptables. A partir de ahí se esbozan algunas hipótesis explicativas de las dificultades halladas, proponiendo unas iniciativas que creemos necesarias para dar respuesta a estos resultados y que se centran fundamentalmente en la formación inicial y permanente del profesorado.

PALABRAS CLAVE: Educación STEM; formación de maestros; rúbrica; evaluación; enseñanza de las ciencias.

Design and validation of a rubric for the evaluation of STEM teaching proposals (RubeSTEM)

ABSTRACT

This article had two main objectives: (1) the design, development and validation of a rubric to evaluate the quality of didactic proposals with a STEM approach; and (2) its application in a sample of training teachers' productions. To do this, we start from a theoretical framework that shows the antecedents and our positioning in the STEM issue, also reviewing other research related to the previous objectives. For this, a content and expert validation process was followed, applying the rubric thus obtained (RubeSTEM) to a sample of 26 group assignments of students who had followed a previous training period. The analysis of the results obtained includes the descriptive statistics of the evaluation of the proposals based on the RubeSTEM indicators and, through a qualitative analysis, a series of difficulties were extracted that presented a certain recurrence when the students faced the challenge of designing a didactic proposal based on the STEM approach. From there we outline some possible explanatory hypotheses for these difficulties. It is noteworthy that only a minimal part of the proposals meets acceptable requirements, finally proposing some initiatives that we believe are necessary to respond to these results and that focus mainly on teacher training (initial and continuous).

KEYWORDS: STEM education; teacher training; rubric; assessment; science education.

Introducción

Hasta hace pocos años, cuando se utilizaba el término STEM se comenzaba recordando el significado del acrónimo y relatando su surgimiento y evolución hasta llegar al ámbito educativo. Además, se iba presentando bajo otros acrónimos que surgían de añadirle letras (p. ej. STEAM, STREAM, STEMM, D-STEM, etc.). Ello nos llevó a plantearnos la necesidad de adoptar un posicionamiento antes de planificar y evaluar propuestas educativas STEM, propósito principal de este artículo.

Desde sus inicios se ha investigado y escrito mucho sobre STEM, por lo que no se hace necesario definirlo. Incluso la recientemente aprobada LOMLOE usa el acrónimo para una de las competencias clave de la educación obligatoria.

Pese a que el término es bien conocido, no lo es el modo de planificar y evaluar diseños bajo el enfoque STEM. Ni siquiera se ha alcanzado consenso sobre qué debe cumplir una propuesta didáctica para ser considerada STEM, además de haberse investigado escasamente sobre los beneficios que pueda tener para el alumnado.

Queda pues mucho por hacer. Aunque la educación STEM tenga detractores, se prevé que conviviremos con ella durante un largo tiempo. De ahí la conveniencia de incluirla en la formación docente y de seguir investigando sobre su diseño y su repercusión en el aprendizaje (Toma y Retana-Alvarado, 2021).

Un primer paso, una vez posicionados ante la educación STEM, es el de evaluar

propuestas que se diseñen bajo este enfoque. Así nos planteamos la siguiente pregunta de investigación:

¿Qué índices de calidad y ajuste al enfoque STEM alcanzan las propuestas didácticas de estudiantes del Grado de Educación Primaria tras participar en un programa formativo al efecto?

Para darle respuesta, pretendemos cubrir los siguientes objetivos:

- Diseñar, desarrollar y validar una rúbrica para evaluar la calidad de una propuesta didáctica de acuerdo a las características del enfoque STEM.
- Identificar, mediante la aplicación de la rúbrica, las dificultades que muestran los estudiantes para el diseño de propuestas basadas en este enfoque.

Qué entendemos por educación STEM

Desde sus comienzos, algunas de las principales críticas recibidas destacaban que muchas de las propuestas innovadoras que decían ser STEM eran muy similares, si no iguales, a las de siempre (Toma & García-Carmona, 2021). De ahí que en ocasiones se haya defendido que solo era un término de moda que se utilizaba para llamar la atención o para obtener financiación (Akerson et al., 2018; García-Carmona, 2020). Pero, deslizándose entre las críticas, la educación STEM está adquiriendo cada vez más protagonismo.

En los momentos en los que parecía que todo era STEM vimos necesario detenernos a pensar en a qué nos referíamos cuando hablábamos de educación STEM, y de ahí surgió nuestro primer trabajo (Martín-Páez et al., 2019). Pudimos concluir, entre otras consideraciones, inconsistencia en cuanto a la definición de educación STEM, así como en el nivel de integración de las disciplinas. Se hacía necesario, pues, definir un marco teórico que dilucidara las características definitorias del enfoque STEM.

Para ello se llevó a cabo una revisión bibliográfica centrada, entre otras dimensiones, en la definición de educación STEM, los objetivos de este enfoque educativo y la integración de las disciplinas. Las conclusiones se sustentaron en el análisis de los seis trabajos publicados entre 1990 y 2019 que proponían un marco teórico o modelo para la educación STEM (Aguilera, Lupiáñez, Vílchez et al., 2021a). Cabe destacar que el primero de ellos fue publicado casi 20 años después del comienzo del movimiento STEM.

En cuanto a la definición de educación STEM, adoptamos la siguiente:

“Enfoque educativo que integra conocimientos y/o habilidades de las cuatro disciplinas implicadas en el acrónimo, orientado a la resolución de problemas y contextualizado en situaciones con diferentes niveles de realidad y autenticidad”.

Quizá el aspecto más controvertido de esta definición sea el de las disciplinas a contemplar en una experiencia educativa STEM. En los modelos analizados no hay coincidencia en ello, lo que en nuestra opinión puede estar contribuyendo a que cualquiera relacionada únicamente con una de las disciplinas pueda etiquetarse como “STEM”. De ahí que defendamos que la concepción más adecuada es aquella que respeta la inclusión integrada de las cuatro y asume que la implementación de la educación STEM no es universal ni generalizable.

Otra cuestión a decidir sería el rol que ocupa cada disciplina, lo que influirá en lo

que más adelante llamaremos prácticas STEM y que se relaciona con la naturaleza de aquellas. En este sentido, coincidimos con Akerson et al. (2018) en que STEM carece de una naturaleza propia. No podemos, pues, enseñar o aprender STEM, sino contribuir a un aprendizaje de las disciplinas STEM bajo un enfoque educativo integrador que, además de atender a los contenidos disciplinares, ha de ofrecer visiones de las disciplinas acordes con sus respectivas naturalezas.

En relación con los objetivos de la educación STEM, podemos otorgarle una doble finalidad: política y educativa; esta última con una doble perspectiva, social y académica. Además, los objetivos educativos guardan relación con las implicaciones de la alfabetización STEM (ver tabla 1).

Tabla 1

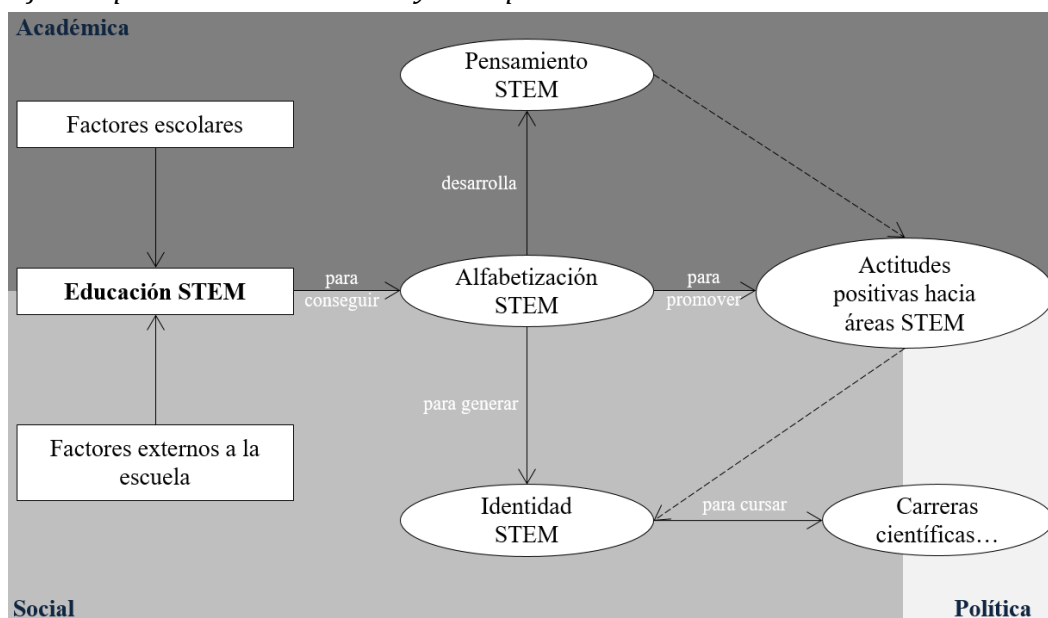
Relación entre la alfabetización STEM y los objetivos del enfoque STEM

Implicaciones de la alfabetización STEM (Bybee, 2010)	Objetivos para la educación STEM
<ul style="list-style-type: none"> Involucrarse en temas relacionados con Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas como ciudadanos comprometidos, activos y críticos. 	<ul style="list-style-type: none"> Desarrollar estudiantes capaces de participar críticamente en un mundo altamente tecnológico y globalizado (Chu et al., 2019; Kim, 2016; Quigley et al., 2017).
<ul style="list-style-type: none"> Reconocer cómo las disciplinas STEM dan forma a nuestro mundo material, intelectual y cultural. 	<ul style="list-style-type: none"> Introducir en las escuelas las habilidades y los conocimientos que son cada vez más importantes para las necesidades sociales actuales (Basham et al., 2010; Quigley et al., 2017).
<ul style="list-style-type: none"> Gestionar el conocimiento científico, tecnológico, de ingeniería y matemático para identificar problemas. Adquirir nuevos conocimientos, fruto de la integración, y aplicarlos a la resolución de problemas. Comprender los rasgos característicos de la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> Despertar interés hacia estas disciplinas (Chu et al., 2019). Comprender y aplicar de manera integrada la Ciencia, la Tecnología, la Ingeniería y las Matemáticas (Tsai et al., 2018). Mejorar el rendimiento de los estudiantes en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (Basham et al., 2010).

Vistas estas relaciones, podemos sintetizar los objetivos educativos de la educación STEM en: (1) desarrollar la alfabetización STEM; y (2) promover actitudes positivas hacia las disciplinas implicadas. Estos objetivos, relacionados entre sí, repercuten en los ámbitos académico, social y político (ver figura 1, Aguilera, Lupiáñez, Perales et al., 2021).

Figura 1

Objetivos para la educación STEM y sus repercusiones



Por último, desde nuestro posicionamiento el enfoque STEM podría implementarse conforme a los niveles de integración disciplinar mostrados en la tabla 2 (Aguilera, Lupiáñez, Vílchez et al., 2021b), siempre supeditados al nivel de alfabetización STEM del alumnado.

Tabla 2

Niveles de integración disciplinar

Integración	Descripción
Anidada	<ul style="list-style-type: none"> • Cada disciplina tiene sus propios objetivos. • Una de ellas domina sobre las demás. • Se explicitan los vínculos entre las disciplinas y la sociedad.
Multidisciplinar	<ul style="list-style-type: none"> • Cada disciplina tiene sus propios objetivos. • Todas son igualmente relevantes. • Se explicitan los vínculos entre las disciplinas y la sociedad.
Interdisciplinar	<ul style="list-style-type: none"> • Los objetivos de aprendizaje trascienden las disciplinas individuales pues involucran varias de ellas. • Predominantemente se orientan al currículo.
Transdisciplinar	<ul style="list-style-type: none"> • Los objetivos de aprendizaje trascienden las disciplinas individuales. • Se enfocan en el problema, preferiblemente del mundo real. • Están orientados hacia las implicaciones sociales.

En Educación Infantil sería más recomendable elegir situaciones problemáticas sencillas que permitan mostrar al alumnado la repercusión de las disciplinas STEM en la sociedad, de modo que la comprensión de aquella signifique el preámbulo de la implementación de un enfoque STEM en las etapas posteriores, lo que realizado de un modo paulatino invitaría a optar por un grado de integración anidado o multidisciplinar en el caso de la Educación Primaria. Ambos modos de integración se caracterizan por explicitar los vínculos existentes entre las disciplinas implicadas en la tarea (Gresnigt et al., 2014). En esta etapa inicial el docente es indispensable, pues será el encargado de visibilizar las conexiones entre disciplinas y, paralelamente, sus repercusiones sociales.

En la Educación Secundaria y universitaria el docente podría adoptar un rol menos relevante, pues el alumnado tendría experiencia con este enfoque y la adquisición de la alfabetización STEM ya estaría iniciada. Por tanto, en estas etapas podría optarse por una integración interdisciplinar o transdisciplinar, que deja en manos del alumnado la identificación de los vínculos entre disciplinas y la aplicación integrada de sus conocimientos para resolver las situaciones planteadas.

Otra cuestión a tratar sería el equilibrio entre las disciplinas, lo que ha surgido como un problema relevante en este campo (English, 2016). No consideramos un inconveniente que alguna/s resulten dominantes, entendiendo por ello que se les asocien más objetivos o contenidos. El problema sería otorgar un rol subsidiario a alguna de ellas.

Lo expuesto hasta el momento es parte de nuestro posicionamiento ante la educación STEM, y un punto de partida para la elaboración de un modelo a partir de referentes generales como la Teoría General de Sistemas (Bertalanffy, 1976) y el “Model of Educational Reconstructuion” (MER) (Duit, 2007; Duit et al., 2012). Nuestra intención es construir un modelo que integre las perspectivas ontológica, epistemológica (de cada disciplina) y metodológica de este enfoque educativo (Ortiz-Revilla et al., 2021).

El diseño y evaluación de propuestas STEM

A pesar de las incógnitas que desde su origen permanecen sin resolver respecto a la naturaleza e implicaciones del movimiento STEM (Williams, 2011), una vez aceptada su difusión y progresiva implementación en distintas zonas del planeta, resulta ineludible elaborar herramientas que garanticen el cumplimiento de unos estándares para las propuestas que como tal se denominen. Por una parte, se ha de garantizar que se habla realmente de STEM (Martín-Páez et al., 2019) y, por otra, debemos disponer de rúbricas que permitan entrever su calidad educativa.

El concepto de evaluación utilizado en la literatura educativa referido al movimiento STEM se circunscribe, casi en exclusividad, a los resultados que genera en términos de aprendizaje (p. ej., Corlu, & Aydin, 2016). Si bien ese paso es necesario para calibrar el alcance de los posibles beneficios para la sociedad, no lo es menos el poder

evaluar los diseños generados bajo el paraguas STEM. El lograrlo permitiría disponer de unos requisitos mínimos que favorecieran la innovación educativa y la replicación en distintos ámbitos.

A esta tarea se ha dedicado una escasa investigación, exceptuando algunos trabajos como los de Domènech-Casal et al. (2019) y Pérez-Torres et al. (2021). De ahí la necesidad de progresar en el consenso de rúbricas que sirvan de orientación para el diseño de proyectos y para evaluar los ya implementados.

Si nos centramos en las dimensiones que debiera incluir un proyecto STEM, Trevallion y Trevallion (2020) consideran siete: habilidades STEM; “ideación”; investigación; comunicación; “prototipación”; evaluación; y fabricación de la solución final. Por su parte, Tsai et al. (2018) utilizaron un modelo de aprendizaje iSTEM (i de imaginación) dividido en seis etapas: exploración, iniciación, desarrollo, alternativa, enlaces y presentación. En cada etapa se plantearon preguntas motivadoras como guía para la exploración y la resolución de problemas con el fin de integrar la teoría y la práctica, adoptando además la estrategia mixta de aprendizaje cooperativo.

En cuanto a la evaluación de los proyectos, Chen et al. (2018) la hicieron sobre cursos STEM online de nivel universitario a través de una encuesta masiva a los estudiantes. Encontraron que sus percepciones de aprendizaje y satisfacción se correlacionaban con las de la eficacia de elementos de diseño específicos, como las actividades de aprendizaje activo, las estrategias de participación interactiva y el diseño sólido de la fase de evaluación.

Por su parte, Estévez-Mauriz y Baelo (2021) elaboraron una rúbrica para evaluar proyectos a partir de las siguientes dimensiones: integración curricular, formación docente, infraestructura y equipamiento, cultura escolar, y gestión y organización, con sus correspondientes indicadores, grados de desarrollo y puntuaciones. Dichas dimensiones poseen una naturaleza estructural o externa, por un lado, y de carácter interno por otro (integración curricular y cultura escolar).

En una línea similar, Domènech-Casal et al. (2019), con proyectos diseñados por docentes de Secundaria, establecieron los siguientes componentes (de carácter interno): contexto, conflicto, discurso, contenidos, apertura e interdisciplinariedad. También referido al diseño de cursos STEM para el profesorado de Secundaria, Lesseig et al. (2016) llevaron a cabo un proceso de evaluación continua, identificando tres categorías de desafíos: pedagógicos, curriculares y estructurales.

Por último, con una orientación más próxima a la de este trabajo, Shah et al. (2018) diseñaron y validaron una rúbrica de “dimensiones del éxito”, que define doce componentes clave de la programación STEM agrupadas en cuatro dominios: características del entorno de aprendizaje; participación en la actividad; conocimiento y prácticas STEM; y desarrollo juvenil en STEM. Esta combina categorías externas e internas al proyecto.

Este es el panorama en el que pretendemos elaborar una rúbrica para evaluar la calidad de propuestas STEM. En los apartados siguientes se muestra el proceso de construcción y validación, así como los resultados de su aplicación a propuestas

elaboradas por estudiantes del Grado de Educación Primaria.

Método

Nuestra Rúbrica para la evaluación de propuestas didácticas STEM (RubeSTEM) toma como referencia la desarrollada por Pérez-Torres et al. (2021), avalada por un panel de 20 expertos. El proceso que emplearon dio lugar a la Rúbrica STEM ABP, estructurada a partir de tres preguntas clave (para qué, qué y cómo) y siete dimensiones concretadas en 21 indicadores con cuatro niveles de logro.

Tras identificar el instrumento de referencia y revisar la literatura, iniciamos un proceso de análisis para identificar puntos de mejora y de ajuste al enfoque STEM. Aquel se dividió en dos momentos: (1) análisis independiente desde los fundamentos teóricos adoptados sobre la educación STEM; y (2) puesta en común y análisis conjunto del primer instrumento. Se identificaron tres aspectos de mejora:

1. Contemplar la educación STEM desde otras metodologías, sin restringirla al aprendizaje basado en proyectos.

2. Atender nuestro posicionamiento del enfoque STEM.

3. Establecer prácticas STEM de las cuatro disciplinas, en lugar de centradas en ciencia y tecnología.

Finalizado el análisis preliminar, se inició el proceso de desarrollo de RubeSTEM (Figura 2), que constó de tres fases: (1) adaptación del instrumento de referencia; (2) validación de contenido por juicio de expertos; y (3) testeo.

Fase 1: Adaptación del instrumento

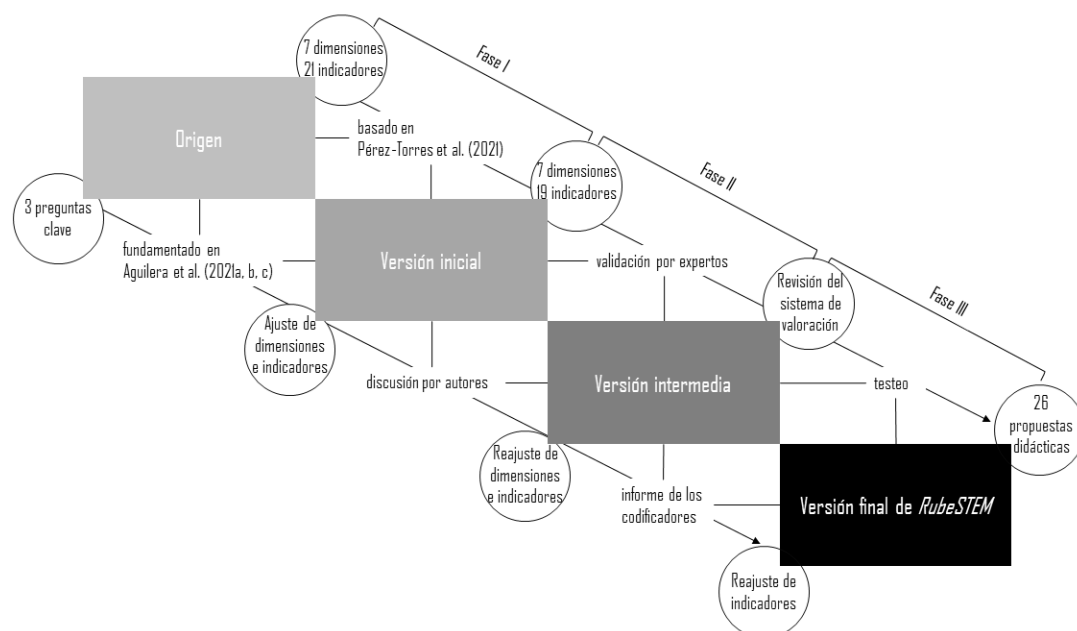
La estructura de la rúbrica de Pérez-Torres et al. (2021) es consistente y, a nuestro parecer, acertada. Por tanto, decidimos darle continuidad en RubeSTEM (Anexo 1) aplicando modificaciones menores dirigidas por los aspectos de mejora recién mencionados.

Posteriormente, se acometió la adaptación de los indicadores y los niveles de logro (ver tabla 3). Ello consistió, principalmente, en ajustar dichos elementos a las características de la educación STEM. Además, se adoptó un rango 0-3 (en vías de desarrollo, básico, avanzado y sofisticado).

Los cambios sugeridos supusieron modificaciones menores en la redacción de los niveles de logro y dos modificaciones sustanciales: (1) el indicador «finalidades de la enseñanza» pasó a denominarse «finalidades de la educación STEM», lo que implicó la consideración de nuevos niveles de logro (Domènech-Casal, 2019; Aguilera, Lupiáñez, Perales et al., 2021); y (2) el sistema de valoración fue perfeccionado.

Figura 2

Proceso de desarrollo de RubeSTEM



Fase 2: Validación de contenido

En esta fase, dos expertos valoraron RubeSTEM. Se seleccionaron atendiendo a: (1) su experiencia profesional en Educación Infantil, Primaria o Secundaria; y (2) la presencia de la educación STEM en sus líneas de investigación actuales. Su experiencia docente media era de ocho años y acumulaban una media de 11 publicaciones sobre educación STEM en los últimos cinco años.

Para la valoración se centraron en los indicadores (pertinencia) y sus niveles de logro (coherencia, contenido y redacción). Se utilizó una escala Likert (1 a 5), obteniendo puntuaciones medias iguales o superiores a 3 en todos los criterios e indicadores. Además, se les pidieron propuestas de mejora y observaciones sobre el sistema de valoración.

Tabla 3

Comparativa entre la Rúbrica STEM ABP y la versión inicial de RubeSTEM

Indicadores de la Rúbrica STEM ABP	Actuaciones	Indicadores iniciales de RubeSTEM
Finalidades de aprendizaje	Adaptado	Finalidades de aprendizaje
Finalidades didácticas	Adaptado	Finalidades de enseñanza
Reto del proyecto	Adaptado	Problema/reto de la propuesta

Indicadores de la Rúbrica STEM ABP	Actuaciones	Indicadores iniciales de RubeSTEM
Selección y profundidad de contenidos teóricos		
Selección y profundidad de contenidos procedimental-epistémicos	Agrupados y adaptados	Selección y profundidad de contenidos (conceptuales, procedimentales y/o actitudinales)
Selección y profundidad de contenidos actitudinales y valores		
Integración de conocimientos entre asignaturas	Adaptado	Integración disciplinar
Despliegue de la acción	Adaptado	Despliegue de la acción
Ámbito de realización e impacto social	Adaptado	Ámbito de realización e impacto social
Apertura del producto	Suprimido	-
Argumentación	Adaptado	Argumentación
Indagación	Adaptado	Indagación
Modelización	Adaptado	Modelización
Prácticas ingenieras	Adaptado	Diseño
Uso de recursos TIC	Reemplazado	Evaluación del impacto
Relevancia	Adaptado	Relevancia
Significatividad científica	Suprimido	-
Autenticidad	Adaptado	Autenticidad
Evaluación del proceso	Adaptado	Evaluación del proceso
Evaluación del resultado	Adaptado	Evaluación del resultado
Regulación del trabajo cooperativo (alumnado)	Adaptado	Regulación del trabajo cooperativo (alumnado)
-	Incluido	Colaboración docente
-	Incluido	Agentes externos

Finalmente, los niveles de logro quedaron como se muestra en el Anexo 2, y el sistema de valoración, con dos niveles (ver tabla 4):

- Teórico. Formado por la dimensión «para qué», que contiene tres indicadores que permiten determinar si la propuesta se ajusta al enfoque STEM.
- Práctico. Contiene las dimensiones «qué» y «cómo», con 16 indicadores que nos permiten valorar la calidad del diseño.

Tabla 4

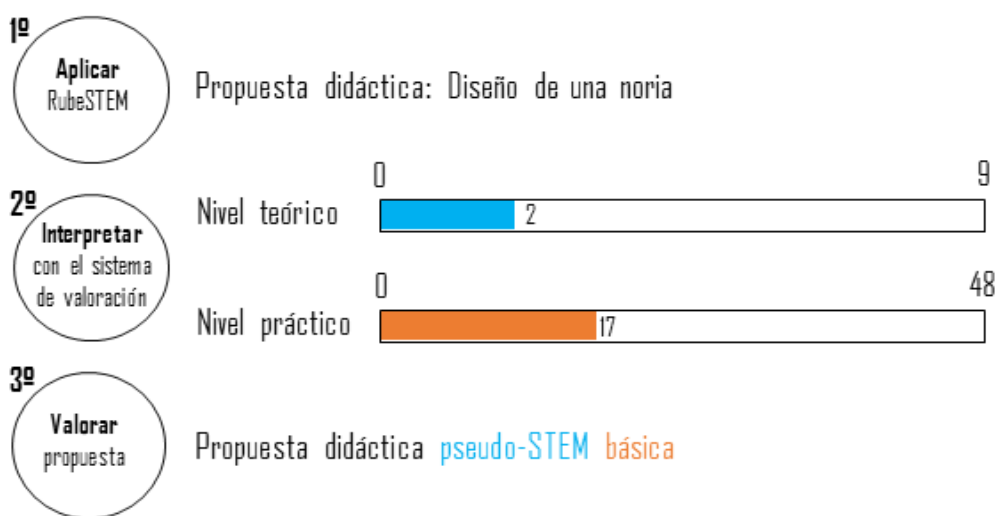
Sistema de valoración de RubeSTEM

Dimensiones	Valores	Descriptor	Nivel
Para qué	0-4	Propuesta pseudo-STEM	Teórico
	5-9	Propuesta STEM	
Qué Cómo	0-15	En vías de desarrollo	Práctico
	16-31	Básica	
	32-47	Avanzada	
	48	Sofisticada	

La figura 3 muestra un ejemplo de valoración de una propuesta.

Figura 3

Ejemplo de valoración con RubeSTEM



Fase 3: Testeo

Esta última fase implicó la aplicación de RubeSTEM a una muestra de 26 propuestas diseñadas por estudiantes del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Granada. Participaron un total de 145 estudiantes (56.6% mujeres) de tercer curso, que recibieron un breve programa formativo sobre el enfoque STEM en la asignatura Didáctica de las Ciencias Experimentales I, curso 19-20 (ver tabla 5). Aquel se implementó de acuerdo a las directrices del aprendizaje cooperativo (Johnson et al., 1999), conformándose desde el inicio equipos de trabajo de cuatro a seis estudiantes.

Tabla 5*Programa formativo sobre educación STEM*

Formación	Sesiones (1h)	Actuaciones (profesorado)	Tareas (alumnado)
Teórica	1	<ul style="list-style-type: none"> Identificar ideas previas sobre el enfoque STEM. Conceptualizar la educación STEM. Ofrecer ejemplos de propuestas STEM y pseudo-STEM. 	<ul style="list-style-type: none"> Responder a la pregunta ¿Qué es la educación STEM? (Dare et al., 2019). Determinar el ajuste de varias propuestas al enfoque STEM.
Práctica (experiencial)	2	<ul style="list-style-type: none"> Implementar una propuesta STEM a fin de proveer un referente al estudiantado. 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar el proyecto «Semáforos limpios». Una propuesta STEM cuyo objetivo final contemplaba la elaboración de un informe técnico para que los semáforos del Camino de Ronda (Granada) fueran abastecidos por energía eléctrica de fuentes renovables.
	3	<ul style="list-style-type: none"> Visibilizar los contenidos involucrados, las relaciones disciplinares, así como aquellos aspectos didácticos relevantes. 	
	4	<ul style="list-style-type: none"> Cooperar con un agente externo¹. 	
Práctica (aplicación)	5 6 7	<ul style="list-style-type: none"> Ofrecer una guía para el diseño de propuestas STEM. 	<ul style="list-style-type: none"> Diseñar una propuesta basada en el enfoque STEM.

Conviene puntualizar que: (1) el referente provisto al alumnado fue valorado como una propuesta didáctica STEM avanzada (Figura 4); y (2) en la última parte el profesorado únicamente resolvió dudas muy concretas a fin de evitar interferir en los resultados. Antes de iniciar el diseño, todos los equipos de trabajo recibieron una guía breve con aspectos a tener en cuenta.

Se obtuvieron finalmente 33 propuestas que fueron sometidas a un análisis previo y siete (21%) se desestimaron por falta de rigor en su desarrollo.

Análisis de resultados

El análisis de los datos se desarrolló de forma secuencial. Primero, se realizó un análisis del contenido (cualitativo), en el que las categorías de análisis se correspondieron con los indicadores de RubeSTEM. Una vez identificada la información relacionada con cada aspecto objeto de evaluación, se procedió a valorar cada indicador conforme a los niveles establecidos (cuantitativo). Así, se ha realizado

¹ Se contó con la colaboración de un ingeniero industrial para: (1) diseñar la propuesta «Semáforos limpios»; y (2) implementarla en el aula, realizando labores de asesoramiento.

un análisis estadístico descriptivo de los datos a partir de la media, desviación típica (D.T.) y los valores mínimo y máximo de cada indicador. También se ha calculado el coeficiente r de Spearman a fin de valorar la correlación entre la calidad teórica y práctica de las propuestas. El software empleado para el análisis fue SPSS v. 25.

Figura 4

Evaluación mediante RubeSTEM del referente práctico provisto al alumnado



En la tabla 6 se muestran los estadísticos descriptivos de la evaluación de las propuestas; se complementan con la Figura 5.

Tabla 6

Estadísticos descriptivos de los indicadores de RubeSTEM (n = 26)

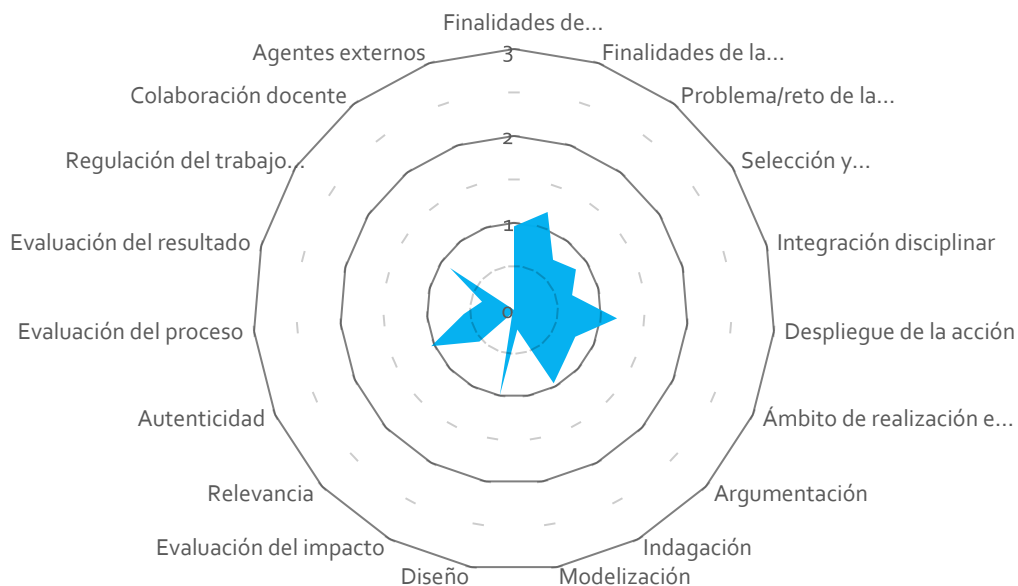
Indicadores	Media	D.T.*	Mínimo	Máximo
Finalidades de aprendizaje	0.96	0.60	0	2
Finalidades de la educación STEM	1.19	0.49	0	2
Problema/reto de la propuesta	0.73	0.78	0	2
Selección y profundidad de los contenidos	0.85	0.68	0	2
Integración disciplinar	0.69	0.55	0	2
Despliegue de la acción	1.19	0.49	0	2
Ámbito de realización e impacto social	0.77	0.82	0	3
Argumentación	0.81	0.57	0	2
Indagación	0.96	0.72	0	2
Modelización	0.23	0.51	0	2

Indicadores	Media	D.T.*	Mínimo	Máximo
Diseño	1	0.28	0	2
Evaluación del impacto	0.04	0.19	0	1
Relevancia	0.54	0.51	0	1
Autenticidad	1.04	0.87	0	2
Evaluación del proceso	0.58	0.70	0	2
Evaluación del resultado	0.38	0.50	0	1
Regulación del trabajo cooperativo	0.88	0.82	0	3
Colaboración docente	0	0	0	0
Agentes externos	0	0	0	0

*esviación Típica

Figura 5

Impacto del programa formativo sobre la calidad de las propuestas diseñadas



A partir de estos resultados, junto con un análisis más exhaustivo del contenido, se han extraído una serie de dificultades que presentan cierta recurrencia cuando los estudiantes se enfrentan al reto de diseñar una propuesta didáctica basada en el enfoque STEM:

1. Experimentan dificultades para plantear una situación problemática compleja y abierta. En el 46% de las propuestas contemplan situaciones cuya resolución requiere tareas meramente reproductivas, con la intención de limitar el margen de improvisación. Así, en la mayoría de los trabajos identifican un problema, por ejemplo

“el reciclaje y sus necesidades”; sin embargo, no elaboran una propuesta de forma problematizada que luego pudieran desarrollar con su alumnado de Primaria.

2. A menudo abordan los contenidos desde una perspectiva disciplinar aislada (31%) o multidisciplinar (62%). Ello evidencia dificultades para plantear objetivos de aprendizaje que propicien una integración inter o transdisciplinar. Las propuestas contienen un apartado en el que se indican los contenidos que se van a tratar. Suelen dividirlos en matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería. Sin embargo, cuando definen la secuencia didáctica no desarrollan todos los contenidos de este apartado. Por ejemplo, en una de las propuestas se plantea la creación de una maqueta del Sistema Solar (ciencia), y posteriormente indican que el alumnado tendrá que hacer la maqueta a escala (matemáticas), midiendo las distancias. Sin embargo, no contemplan la ingeniería (quizás consideran que construir la maqueta incluye el área). Además, para tratar la tecnología deciden usar un robot programable para que siga las órbitas de los planetas (a modo de “extra”).

3. Aparecen confusiones a la hora de asignar los contenidos a las disciplinas STEM (58%), lo que se podría atribuir al escaso conocimiento de las mismas. Principalmente ocurre con los contenidos de ciencias, de tecnología y de ingeniería. Igualmente, en el 96% de las propuestas los contenidos matemáticos fueron escasos y desempeñaron un rol subsidiario. Así, algunas propuestas detallan contenidos de varias áreas STEM, y sin embargo solo trabajan con una de ellas. Como ejemplo, el de una propuesta en el que indican que: “Con este proyecto a través de experimentos científicos pretendemos que los alumnos se involucren en el aprendizaje de sucesos de la vida real.” Sin embargo, aparte de no problematizar la temática, a lo largo de la propuesta se ciñen a trabajar solamente el área de ciencias sin implicar al resto de las disciplinas STEM.

Además, solo cuatro propuestas alcanzaron a nivel teórico un ajuste al enfoque STEM, tres de las cuales se consideran básicas (lo máximo alcanzado) a nivel práctico. Desde una perspectiva más general, se identifica una correlación moderada entre los niveles teórico y práctico (ver tabla 7). Así, podría establecerse que:

1. Pese a recibir una formación teórico-práctica de cuatro horas previa al diseño de las propuestas, los estudiantes no logran, en su mayoría (85% de los equipos), ajustarse a las características de la educación STEM.

2. Cuanto mejor es el planteamiento teórico de la propuesta STEM, su desarrollo didáctico es de mayor calidad ($r = .676$; $p < .01$).

Tabla 7

Estadísticos descriptivos de las valoraciones finales (n = 26)

Descriptor	Frecuencias	Nivel	r Spearman
Propuestas pseudo-STEM	22(85%)	Teórico	.676**
Propuestas STEM	4(15%)		
En vías de desarrollo	23(89%)	Práctico	
Básica	3(11%)		
Avanzada	0		
Sofisticada	0		

** $p < .01$

Llegados a este punto, los resultados ponen de manifiesto, al menos en nuestro contexto de formación inicial del profesorado de Primaria y con las limitaciones de tratarse de una muestra reducida, las dificultades de implementar currículos STEM con unas mínimas garantías de coherencia con los principios asumidos para este enfoque educativo. Con ello nos reafirmamos en la hipótesis de que uno de los elementos clave para una implementación futura de STEM radica en una adecuada formación del profesorado. Dichas dificultades ya han sido detectadas por otros autores (Toma & Retana-Alvarado, 2021; Domènech-Casal et al., 2019).

Podemos avanzar que el origen de dichas dificultades puede deberse, entre otras posibles causas, a:

- La inexperiencia previa o la insuficiente formación STEM de los estudiantes que acceden y cursan los Grados de Primaria.
- Conectado con lo anterior, el escaso dominio o conocimiento de la naturaleza de las disciplinas STEM.
- La novedad de un planteamiento como el presente, algo inhabitual en su formación previa, que, a pesar de los intentos de renovación pedagógica promovidos por los currículos oficiales, escasamente se traducen en las aulas en planteamientos activos como la indagación o el ABP.

Conclusiones

Recordemos los objetivos planteados inicialmente: (1) el diseño, desarrollo y validación de una rúbrica para evaluar la calidad de propuestas didácticas STEM; y (2) su aplicación en las producciones de una muestra de estudiantes del Grado de Primaria. Ambos desembocaron en determinar los índices de calidad y el ajuste al enfoque STEM que alcanzan las propuestas didácticas diseñadas por estudiantes del Grado de Educación Primaria de la Universidad de Granada tras participar en un programa formativo sobre educación STEM. Para ello, tras una revisión de la literatura y partiendo de un análisis crítico de los referentes más próximos a los propósitos del trabajo, se ha diseñado la rúbrica RubeSTEM (Anexos) que, después de ser sometida a un proceso de validación por expertos, se ha aplicado a 26 propuestas didácticas con el fin de identificar dificultades en los diseños.

De las propuestas analizadas, solo cuatro (15%) alcanzan a nivel teórico un ajuste adecuado al enfoque STEM, tres de las cuales se pueden encuadrar en un nivel práctico básico (el máximo alcanzado). Se identifica, en este sentido, una correlación moderada entre los niveles teórico y práctico de las propuestas.

Del análisis de las propuestas se puede concluir que los estudiantes tienen dificultades para:

- Plantear situaciones de partida reales, complejas y abiertas, con implicaciones sociales.
- Contemplar la integración interdisciplinar y transdisciplinar.
- Relacionar contenidos con disciplinas.
- Evitar el rol subsidiario de alguna disciplina, especialmente las matemáticas.

Ello nos lleva a tomar conciencia de los grandes retos que supone la formación inicial y permanente del profesorado para poder asumir en el futuro, con ciertas

garantías, los retos que supone la implementación de STEM en el aula, tal y como plantea la nueva legislación educativa.

Si el futuro de la educación pasa por la elaboración de proyectos que fomenten el desarrollo de competencias (claves, específicas y transversales), lo que se consigue a partir de experiencias inter o transdisciplinares, ¿estará preparado el profesorado para afrontar este reto? Parece que no.

Volvemos a incidir en la necesidad de transformar el sistema educativo desde la formación inicial del profesorado. La experiencia nos está demostrando continuamente que no se puede hacer a “golpe de decreto”, como se intenta desde hace tiempo en nuestro país. Para contribuir a ello, seguiremos trabajando en la elaboración de un modelo didáctico para la educación STEM que guíe el diseño y la evaluación de propuestas didácticas elaboradas bajo este enfoque.

Agradecimientos

- Al Dr. Jairo Ortiz-Revilla y al Dr. Jordi Domènech-Casal, por su contribución al proceso de construcción de la rúbrica.
- A la Junta de Andalucía y al Ministerio de Ciencia e Innovación por la financiación del proyecto SensoDoCiencia (UAL2020-SEJ-D1784; PID2020-116097RB-I00).
- Al Ministerio de Ciencia e Innovación por la financiación de los proyectos PROFESTEM (PGC2018-095765-B-100) y ScixSoc (RTI2018-094303-A-100).

Contribuciones de los autores

La conceptualización se debe principalmente a los doctores Aguilera, Perales y Vílchez. El análisis de las propuestas, al Dr. Aguilera y a la Dra. García. En el resto del artículo han participado por igual todos los autores.

Referencias

- Aguilera, D., Lupiáñez, J. L., Perales, F. J., y Vílchez, J. M. (2021). *Objetivos de la educación STEM. Revisión sistemática*. 11^º Congreso Internacional sobre Investigación en la Enseñanza de las Ciencias. Lisboa.
- Aguilera, D., Lupiáñez, J. L., Vílchez, J. M., y Perales, F. J. (2021a). In search of a long-awaited consensus for STEM education. A framework proposal. En Matthew N. Bowman (Ed.). *Topics in Science Education* (pp. 101-137). Nova Science Publishers (ebook).
- Aguilera, D., Lupiáñez, J. L., Vílchez, J. M., y Perales, F. J. (2021b). In search of a long-awaited consensus on disciplinary integration in STEM education. *Mathematics*, 9, 597. <https://doi.org/10.3390/math9060597>
- Akerson, V. L., Burgess, A., Gerber, A., Guo, M., Khan, T. A., y Newman, S. (2018). Disentangling the meaning of STEM: implications for science education and science teacher education. *Journal of Science Teacher Education*, 29(1), 1-8. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1435063>
- Basham, J. D., Israel, M., y Maynard, K. (2010). An ecological model of STEM education: Operationalizing STEM for all. *Journal of Special Education Technology*, 25(3), 9-19. <https://doi.org/10.1177/016264341002500303>

- Bertalanffy, L. V. (1976). General System Theory. Fondo de Cultura Económica.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and engineering teacher*, 70(1), 30-35.
- Chen, B., Bastedo, K., y Howard, W. (2018). Exploring design elements for online STEM courses: Active learning, engagement & assessment design. *Online Learning*, 22(2), 59- 75. <https://doi.org/10.24059/olj.v22i2.1369>
- Chu, H. E., Martin, S. N., y Park, J. (2019). A theoretical framework for developing an intercultural STEAM program for Australian and Korean students to enhance science teaching and learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(7), 1251-1266. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9922-y>
- Corlu, M. A., y Aydin, E. (2016). Evaluation of learning gains through integrated STEM projects. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 4(1), 20-29. <https://doi.org/10.18404/ijemst.35021>
- Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A., y Roehrig, G. H. (2019). Creating a continuum of STEM models: Exploring how K-12 science teachers conceptualize STEM education. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1701-1720. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1638531>
- Domènech-Casal, J. (2019). STEM: Oportunidades y retos desde la Enseñanza de las Ciencias. *Revista de Tecnología Educativa*, 1(2), 154-168. <https://doi.org/10.17345/ute.2019.2>
- Domènech-Casal, J., Lope, S., y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2), 2203. <https://doi.org/10.25267/Rev Eureka ensen divulg cienc.2019.v16.i2.2203>
- Duit, R. (2007). Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(1), 3-15. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75369>
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., y Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – a framework for improving teaching and learning science. En D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective* (pp. 13–37). Sense Publishers.
- English, L. D. (2016). Advancing mathematics education research within a STEM environment. En K. Makar, S. Dole, J. Visnovska, M. Goos, A. Bennison & K. Fry (Eds.), *Research in Mathematics Education in Australasia 2012–2015* (pp. 353–371). Springer.
- Estévez-Mauriz, L., y Baelo, R. (2021). How to Evaluate the STEM Curriculum in Spain? *Mathematics*, 9, 236. <https://doi.org/10.3390/math9030236>
- García-Carmona, A. (2020). STEAM, ¿una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(2), 35-50. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>
- 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. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.877694>

- Johnson, D. W., Johnson, R. T., y Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Paidós.
- Kim, P. W. (2016). The Wheel Model of STEAM Education Based on Traditional Korean Scientific Contents. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(9), 2353-2371. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1263a>
- Lesseig, K., Nelson, T. H., Slavit, D., y Seidel, R. A. (2016). Supporting Middle School Teachers' Implementation of STEM Design Challenges. *School Science and Mathematics*, 116(4), 177-188. <https://doi.org/10.1111/ssm.12172>
- 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(4), 799– 822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- 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. <https://doi.org/10.35362/rie8724634>
- Pérez-Torres, M., Couso, D., y Márquez, C. (2021). ¿Cómo diseñar un buen proyecto STEM? Identificación de tensiones en la co-construcción de una rúbrica para su mejora. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1301. <https://doi.org/10.25267/Rev Eureka ensin divulg cienc.2021.v18.i1.1301>
- Quigley, C. F., Herro, D., y Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School Science and Mathematics*, 117(1-2), 1-12. <https://doi.org/10.1111/ssm.12201>
- Shah, A. M., Wylie, C., Gitomer, D., y Noam, G. (2018). Improving STEM program quality in out-of-school-time: Tool development and validation. *Science Education*, 102, 238–259. <https://doi.org/10.1002/sce.21327>
- 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. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Toma, R. B., y Retana-Alvarado, D. A. (2021). Mejora de las concepciones de maestros en formación de la educación STEM. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(1), 15-33. <https://doi.org/10.35362/rie8714538>
- Trevallion, D., y Trevallion, T. (2020). STEM: Design, Implement and Evaluate. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 14(8), 1-29.
- Tsai, H. Y., Chung, C. C., y Lou, S. J. (2018). Construction and development of iSTEM learning model. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 15-32. <https://doi.org/10.12973/ejmste/78019>
- Williams, J. (2011). STEM Education: Proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal*, 16(1), 26-35.

Anexo 1. Estructura de RubeSTEM

Pregunta clave	Dimensión	Definición	Indicadores
¿Para qué?	Finalidades	Propósitos que promueven la realización de la propuesta STEM, que incluyen los objetivos de aprendizaje, los objetivos de enseñanza y los asociados a la problemática abordada.	<ul style="list-style-type: none"> Finalidades de aprendizaje Finalidades de la educación STEM Problema/Reto de la propuesta
¿Qué?	Contenidos	Conjunto de conocimientos (teóricos y prácticos) y actitudes seleccionados; formas de organizarlos e integrarlos en la propuesta.	<ul style="list-style-type: none"> Selección y profundidad de contenidos (conceptuales, procedimentales y/o actitudinales) Integración disciplinar
	Acción	Producto o toma de decisión que se genera en respuesta a la problemática.	<ul style="list-style-type: none"> Despliegue de la acción Ámbito de realización e impacto social
¿Cómo?	Prácticas STEM	Formas de pensar, hacer y comunicar básicas de la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas escolares que se fomentan.	<ul style="list-style-type: none"> Argumentación Indagación Modelización Diseño Evaluación del impacto
	Contexto	Hilo conductor que da sentido al problema, así como a los contenidos, prácticas y actitudes que se desarrollan.	<ul style="list-style-type: none"> Relevancia Autenticidad
	Evaluación	Mecanismos de regulación que se usan para guiar el aprendizaje, la realización de la acción y valorar los resultados finales.	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación del proceso Evaluación del resultado
	Cooperación	Mecanismos de regulación del trabajo cooperativo entre el alumnado, el profesorado y los agentes externos participantes (museos, centros de investigación, universidades, científicos, ingenieros o cualquier otra persona o entidad ajena a la escuela).	<ul style="list-style-type: none"> Regulación del trabajo cooperativo (alumnado) Colaboración docente Agentes externos

Anexo 2. Concreción de los niveles de logro

Indicadores	Nivel 0 (en vías de adquisición)	Nivel 1 (básico)	Nivel 2 (avanzado)	Nivel 3 (sofisticado)
Finalidades de aprendizaje	Se plantea que el alumnado reconozca contextos relevantes desde el punto de vista social/personal e implique la movilización de conocimientos (conceptuales y/o procedimentales) y/o actitudes de algunos dominios STEM.	Se plantea que el alumnado reconozca contextos relevantes desde el punto de vista social/personal e implique la movilización de conocimientos (conceptuales y/o procedimentales) y/o actitudes de los cuatro dominios STEM.	Se plantea que el alumnado desarrolle su alfabetización STEM (capacidad para identificar, analizar y aplicar conocimientos STEM integrados) a través de una situación problemática compleja. Asimismo, se procura movilizar capacidades transversales como la creatividad, el pensamiento crítico, la colaboración o la comunicación.	Se plantea que el alumnado desarrolle su alfabetización STEM, capacitándolo para enjuiciar el impacto de la resolución del problema desde una perspectiva ética y moral, así como para desempeñar una participación activa y crítica como ciudadano y movilizando capacidades transversales como la creatividad, el pensamiento crítico, la colaboración o la comunicación.
Finalidades de la educación STEM	Se obvia la justificación de la propuesta didáctica.	Se justifica la conveniencia de la propuesta didáctica, aunque no se ofrecen argumentos alineados con los objetivos de la educación STEM: (1) Desarrollar la alfabetización STEM del alumnado. (2) Promover actitudes positivas hacia las disciplinas STEM.	Se justifica la conveniencia de la propuesta didáctica, aludiendo a los objetivos de la educación STEM.	Se justifica la conveniencia de la propuesta didáctica, aludiendo a los objetivos de la educación STEM. Además, se atiende a la perspectiva de género, al desarrollo de vocaciones científico-tecnológicas entre el alumnado y/o el desarrollo de valores deseables para una ciudadanía global (ODS).
Problema/reto de la propuesta	Se propone una situación problemática muy estructurada y bien delimitada, a partir de la cual se promueven tareas meramente reproductivas, que limitan la identificación de relaciones disciplinares o implicaciones sociales y moviliza conocimientos de dominios STEM.	Se propone una situación problemática compleja, que implica un trabajo activo y reflexivo a corto-medio plazo, facilitando la identificación de relaciones disciplinares o implicaciones sociales y movilizando conocimientos de dominios STEM.	Se propone una situación problemática compleja apropiada en dificultad, que implica un trabajo activo y reflexivo a medio-largo plazo, facilitando la identificación de relaciones disciplinares o implicaciones sociales y movilizando conocimientos de los cuatro dominios STEM.	Se propone una situación problemática compleja apropiada en dificultad y cuya resolución implica la movilización de conocimientos de los cuatro dominios STEM. La resolución se plantea a medio-largo plazo a fin de favorecer la profundización en la comprensión de la situación (relaciones disciplinares), la adopción de una postura crítica y la toma de decisiones (acción) entre el estudiantado.
Selección y profundidad de contenidos (conceptuales, procedimentales y/o actitudinales)	Se seleccionan contenidos de algunos dominios STEM, organizando un trabajo disciplinar parcializado y aislado.	Se seleccionan contenidos de los cuatro dominios STEM, se organizan de acuerdo a las disciplinas y se abordan atendiendo a una lógica secuencial,	Se seleccionan contenidos de los cuatro dominios STEM, se organizan de acuerdo a las disciplinas y se abordan atendiendo a	Se seleccionan contenidos de los cuatro dominios STEM, se organizan en contenidos clave (elementos integradores), se abordan

Indicadores	Nivel 0 (en vías de adquisición)	Nivel 1 (básico)	Nivel 2 (avanzado)	Nivel 3 (sofisticado)
		descuidando la conexión entre los diferentes contenidos y el nivel de participación de cada dominio.	una lógica secuencial, conectándolos entre sí. Aunque, se sigue descuidando el nivel de participación de cada dominio.	progresivamente conectando los diferentes núcleos de contenidos y se procura equilibrio en el nivel de participación de cada dominio.
Integración disciplinar	Se abordan contenidos de los dominios STEM de forma desconectada o aislada, apareciendo objetivos de aprendizaje independientes para cada dominio STEM.	Se abordan contenidos de los cuatro dominios STEM, aunque están ligados a los objetivos de aprendizaje establecidos para cada una de las disciplinas. Ello da lugar a dos posibles escenarios: (1) la propuesta se focaliza en una de las disciplinas, actuando esta como eje vertebrador e integrador de los contenidos; o (2) la propuesta secuencia el trabajo de acuerdo a los objetivos de aprendizaje establecidos para cada una de las disciplinas STEM, favoreciendo una integración multidisciplinar.	Se abordan contenidos de los cuatro dominios STEM, donde subyacen objetivos de aprendizaje que engloban varias disciplinas STEM (objetivos compartidos). Ello procura que se imbriquen los contenidos, favoreciendo una integración interdisciplinar.	Se abordan contenidos de los cuatro dominios STEM. Estos se identifican a partir de núcleos temáticos amplios que subyacen a la situación problemática y engloban varios dominios STEM. El trabajo se focaliza en la resolución del problema, favoreciendo una integración transdisciplinar.
Despliegue de la acción	Se proponen tareas (acciones) concretas, desconectadas entre sí.	Se proponen una serie de tareas, justificándose cada acción, aunque no quedan cohesionadas entre sí.	Se proponen una serie de tareas bien estructuradas, justificándose cada acción y la relación entre ellas. Así, se percibe un hilo conductor que genera cohesión entre las acciones propuestas.	Se proponen una serie de tareas que cumplen con las especificaciones del nivel 2. Además, se demuestra que el despliegue de la acción se ha puesto en práctica, se ha evaluado y se proponen mejoras.
Ámbito de realización e impacto social	Se dirige al propio grupo-clase. El alumnado es el beneficiario de la resolución del problema, que repercute a nivel individual.	Se dirige a la comunidad escolar (profesores, alumnado de otros cursos, etc.). El impacto queda recluido en el recinto escolar.	Se dirige a la comunidad del entorno escolar (incluyendo familias, vecinos del barrio, etc.). El impacto trasciende al recinto escolar.	Se dirige a una comunidad social amplia (pueblo, ciudad...). Se sustenta en una (o varias) colaboración externa y genera un impacto sostenido en el tiempo.
Argumentación	Se promueven pocos espacios de argumentación o se limitan a comunicar resultados de manera descriptiva.	Se promueve alguna actividad de argumentación, pero no siempre está relacionada con la argumentación basada en pruebas.	Se promueven varias actividades de argumentación científica.	Se planifican varias actividades de argumentación, prestando atención al desarrollo de las habilidades comunicativas, la creatividad y el pensamiento crítico. La

Indicadores	Nivel 0 (en vías de adquisición)	Nivel 1 (básico)	Nivel 2 (avanzado)	Nivel 3 (sofisticado)
				argumentación se entiende como un canal de diálogo entre el fenómeno o conflicto que se indaga, las decisiones tomadas y los resultados alcanzados.
Indagación	Se plantean pocas preguntas (investigables), entendiéndose la investigación únicamente como la recogida de datos y síntesis de información.	Se plantean preguntas a fin de desarrollar un proceso de investigación. La parte experimental o de campo es inexistente.	Se plantean preguntas a fin de desarrollar un proceso de investigación. La parte experimental o de campo tiene carácter esporádico a lo largo de la propuesta didáctica.	Se plantean preguntas a fin de desarrollar un proceso de investigación. La parte experimental o de campo se planifica concienzudamente y predomina en la propuesta.
Modelización	Los componentes de un modelo se muestran descriptivamente. No aparecen procesos concretos que persigan entenderlos.	Aparecen algunas actividades puntuales destinadas a reconocer las características de los modelos.	Se incluyen actividades destinadas a la construcción de modelos a partir de fenómenos reales.	Se incluyen actividades dirigidas a utilizar los modelos generados para describir, explicar o predecir los fenómenos.
Diseño	Se realiza un proceso de construcción siguiendo un protocolo que proporciona el docente.	Se da respuesta a un problema siguiendo un protocolo de construcción y testeo que proporciona el docente.	Se da respuesta al problema siguiendo un proceso de construcción y testeo de un prototipo ideado por el alumnado.	El alumnado participa en el proceso desde la propia definición del problema.
Evaluación del impacto	No se plantea ninguna actividad en la que se evalúe el impacto (social, económico y/o ambiental) de la solución alcanzada.	Aparece alguna actividad en la que se realiza evaluación del impacto de la solución alcanzada en uno o dos de los ámbitos (social, económico y/o ambiental).	Aparece alguna actividad en la que se realiza evaluación del impacto de la solución alcanzada en los ámbitos social, económico y ambiental.	Aparece alguna actividad en la que se realiza evaluación del impacto de la solución alcanzada en los ámbitos social, económico y ambiental; y se solicitan propuestas de mejora.
Relevancia	Se plantea una situación problemática, que pudiera o no partir de los intereses del grupo-clase, aunque no se considera su importancia profesional e impacto social.	Se plantea una situación problemática, que pudiera o no partir de los intereses del grupo-clase, atendiendo a una demanda social.	Se plantea una situación problemática, que pudiera o no partir de los intereses del grupo-clase, atendiendo a una demanda social a la vez que se visibiliza la importancia de las profesiones científico-tecnológicas o ingenieras	Se plantea una situación problemática que conecta una demanda o cuestión social con los intereses de los alumnos a nivel: individual, social y/o profesional. Se intenta que estas situaciones generen nuevos intereses e inquietudes (sostenidos en el tiempo) más allá del ámbito cotidiano.
Autenticidad	Se aborda una situación problemática ficticia o idealizada que poco tiene que ver con la realidad, desde un punto de vista social y/o profesional.	Se aborda una situación problemática ficticia que se asemeja a situaciones reales. Se propicia la realización de simulaciones y prácticas que se parecen a las aplicadas en contextos reales.	Se aborda una situación problemática verosímil que recrea un escenario real. Se propicia la realización de prácticas reales en escenarios ficticios y/o reales.	Se aborda una situación problemática real, que genera problemas complejos y ambiguos, propiciando la realización de prácticas en contextos reales.

Indicadores	Nivel 0 (en vías de adquisición)	Nivel 1 (básico)	Nivel 2 (avanzado)	Nivel 3 (sofisticado)
Evaluación del proceso	No se especifican momentos, herramientas y/o técnicas para hacer un seguimiento del alumnado, en los cuales el profesor asume el rol de detectar errores, analizarlos y ofrecer alternativas para mejorar el aprendizaje.	Se realiza un seguimiento a partir de la evaluación de cada tarea por parte del docente. La intervención del docente durante el desarrollo de la propuesta tiene carácter retroactivo, una vez finalizada cada tarea.	Se realiza un seguimiento del alumnado de acuerdo a las condiciones del nivel 1. Además, se contempla la auto-evaluación del alumnado a fin de identificar sus dificultades, problemas o dudas sobre los contenidos, la tarea u otras cuestiones.	Se crean canales y herramientas que facilitan un seguimiento inmediato o rápido al alumnado (proactivo, antes de que la tarea sea finalizada). Se contemplan mecanismos de auto-evaluación del alumnado.
Evaluación del resultado	Se identifican las tareas que se tendrán en cuenta para la evaluación y calificación del alumnado, estableciendo una ponderación de acuerdo con el criterio del docente. Evalúa el docente.	Se identifican algunas tareas para ser co-evaluadas por el alumnado de acuerdo a listas de criterios o rúbricas facilitadas por el docente. También se establece el valor de cada tarea (co-evaluada o evaluada por el docente) en la calificación final.	Se consensuan los criterios de evaluación y calificación de las tareas con el alumnado. Las tareas son co-evaluadas entre el alumnado y el docente. Evaluación compartida, flexible y abierta.	Se identifican las competencias (conocimientos, habilidades y actitudes) asociadas a cada tarea, consensuando los criterios de evaluación de estas con el alumnado. Se propicia la co-evaluación y auto-evaluación. Evaluación por competencias, formadora, compartida, flexible y abierta.
Regulación del trabajo cooperativo (alumnado)	No se especifican técnicas y/o herramientas para regular el trabajo cooperativo del alumnado.	Se establecen equipos de trabajo que se regulan mediante la asignación de roles (fijos) asignados por el docente.	Se establecen equipos de trabajo, responsables de alcanzar un acuerdo del reparto de roles (fijos) y compromisos de trabajo.	Se establecen equipos de trabajo de acuerdo a los criterios del nivel 2. Además, se ofrecen diferentes estrategias para la regulación del trabajo en equipo por parte del alumnado y el docente (rúbricas, diarios...).
Colaboración docente	No existe colaboración entre docentes. La propuesta recae sobre un único docente.	Se establece una colaboración entre dos o más docentes, consistente en asesoramiento o participación esporádica en el desarrollo de la propuesta didáctica.	Se establece una colaboración entre dos o más docentes, que participan activamente en el diseño e implementación de la propuesta. Nunca coinciden en el aula, pues intervienen en momentos diferentes.	Se establece una colaboración entre dos o más docentes, que participan activamente en el diseño e implementación de la propuesta. Se procura que, al menos, dos de ellos coincidan en el aula.
Agentes externos	No existe colaboración de agentes externos. La implementación de la propuesta únicamente recae sobre el docente.	Se establece una colaboración esporádica con un agente externo, consistente en asesoramiento o participación esporádica en el desarrollo de la propuesta didáctica.	Se establece una colaboración con uno o varios agentes externos, que participan activamente en la implementación de la propuesta.	Se establece una colaboración con uno o varios agentes externos, que asesoran en el diseño de algunos aspectos de la propuesta y participan activamente en la implementación y evaluación de la propuesta.