



Perspectivas, Metodologías y Tecnologías en el despliegue de la educación STEM.

Digna Couso Lagarón (*)
digna.couso@uab.cat

Víctor López Simó (*)
victor.lopez@uab.cat

Jordi Domènech Casal (*)
jdomen44@xtec.cat

Carme Grimalt-Álvaro (*)
carme.grimalt@uab.cat

Cristina Simarro Rodríguez(*)
csimarr2@xtec.cat

(*) Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, UAB

Resumen • La educación STEM se presenta a menudo como una propuesta innovadora y excitante que, tanto al servicio del aumento de vocaciones como orientada a mejorar la alfabetización de la población en este ámbito, ha llegado con fuerza al panorama educativo también de nuestro país. Sin embargo, cuando nos preguntamos cómo hacerlo en las aulas, vemos que a menudo las propuestas de educación STEM se vinculan de forma reduccionista a ciertas metodologías concretas (como por ejemplo el aprendizaje basado en proyectos) o a ciertas tecnologías (como las tecnologías programables). Al hacerlo, se está obviando que cualquier perspectiva, metodología o tecnología educativa que sirva para mejorar tanto las competencias del ámbito científico-tecnológico del alumnado como su posicionamiento respecto al mismo será adecuada, y que en educación STEM, como en todas las propuestas educativas, es importante la elección de qué enseñar y cómo hacerlo al servicio de para qué lo queremos hacer.

Palabras clave • STEM, STEAM, Metodologías, Perspectivas, Tecnologías, posicionamiento

Perspectives, Methodologies and Technologies in deploying STEM education.

Abstract • STEM education is often introduced as an innovative and exciting approach that, both in the service of increasing vocations and aimed at improving citizens' literacy in this field, has strongly reached the educational landscape of our country. When we ask ourselves, however, how to do this in the classroom, we see that STEM education initiatives are often linked to specific methodologies (such as project-based learning) or to certain technologies (such as programmable technologies) in a reductionist way. In doing so, it is being ignored that any perspective, methodology or educational technology that serves to improve both students' STEM competence and their stance towards the STEM field will be appropriate. This is because in STEM education, as in all educational proposals, it is important to choose what to teach and how to do it in the service of what for.

Keywords • STEM, STEAM, Methodologies, Perspectives, Technologies, STEM stance

INTRODUCCIÓN: ¿SE ENTIENDE, ESTO DE LAS STEM?

En el ámbito educativo el término STEM para referirse a la educación del ámbito científico-tecnológico, a menudo vinculado a las disciplinas de aspecto científico, tecnológico y matemático, ha llegado con fuerza. Hoy en día, a diferencia de hace 10 años, es difícil en nuestro contexto que un docente, y más aún si es docente de ciencias, tecnología o matemáticas, no haya oído hablar del término educación STEM y no tenga una cierta idea de aquello que implica. Son muchas las propuestas que llegan a las escuelas, tanto a nivel de formación como sobre todo a nivel de compra de materiales y equipamientos (ofertas de robots, placas programables o propuestas curriculares), pero también de divulgación científico-tecnológica (charlas de científicas, proyectos de visibilización de la ingeniería...). Al mismo tiempo, la ciudadanía en general está rodeada de propuestas identificadas con el acrónimo STEM, tanto del ámbito de la educación no formal (extraescolares de robótica, campamentos de verano STEAM...) como en los productos lúdicos y juguetes para los/las niños/as (robots de juguete, juegos de construcción...)

Aun así, existe un profundo desconcierto respecto a qué queremos decir exactamente cuando hablamos de educación STEM. Para empezar, aquello que podría parecer sencillo dado el acrónimo, como qué disciplinas forman parte, ya nos presenta la primera dificultad. ¿De qué Ciencias estamos hablando con la S de STEM? ¿Estamos hablando de las prototípicas asignaturas de biología, química, física y geología escolar o estamos hablando también de nanociencia, bioingeniería o medicina, entre otras? ¿A qué Ingenierías estamos haciendo referencia? ¿Incluiríamos la ingeniería agrónoma o alimentaria, o estaríamos hablando más bien de computación, telecomunicaciones y diseño industrial? La Tecnología de la T, ¿se presenta como una disciplina, una asignatura o un conjunto de herramientas? Las Matemáticas de la STEM, ¿son las mismas matemáticas de siempre o bien otras al servicio de lo que las Ciencias y la Ingeniería

necesitan?... Parte de la literatura en el ámbito se debate entre estas cuestiones y de hecho, dependiendo del contexto, se dice que hay más de 70 disciplinas diferentes vinculadas a las STEM. Y esto sin tener en cuenta cómo se abre el abanico al introducir la A en las cada vez más presentes propuestas STEAM. Desde una A de meras artes plásticas (dibujo, pintura) o de una visión más amplia de las artes (artes escénicas, música, danza, teatro...) hasta una A de *all* o todas las disciplinas, pasando por la A como referencia a la creatividad o el diseño (¡como si las STEM sin la A no fueran intrínsecamente creativas!) o una muy necesaria identificación de las A con las *Liberal Arts* o Humanidades... Y por si no fuera suficiente lío sólo con STEAM, recientemente se habla de propuestas STREAM donde la R puede querer decir pensamiento computacional (*Robotics*), lectoescritura i literatura (*Reading*) o incluso religión (*Religion*). O de propuestas iSTEM (STEM con imaginación) o STEEM con E de educación ambiental... Si nos guiamos por la oferta de propuestas etiquetadas con alguna variante del acrónimo STEM es difícil que no podamos encajar cualquier propuesta educativa convenientemente maquillada.

Con este panorama, no resulta extraño que en la reciente versión de estudios sobre educación STEM publicados a nivel internacional por Martín Páez y colegas (2019) los autores mencionan que encuentran un uso inconsistente del lenguaje, falta de definición de términos y en general, marcos teóricos que hacen difícil entender qué es la educación STEM. De hecho, más de la mitad de los estudios analizados no incluyen ningún concepto educativo STEM (es decir, qué entienden por educación, currículum, alfabetización, identidad o competencia STEM, entre otras), lo cual, en términos de los autores, lleva a una “proyección difusa” de la educación STEM. Esta “proyección difusa” de la educación STEM también se encuentra a nivel práctico. Si hacemos en Internet una búsqueda global de imágenes de actividades de educación STEM encontraremos una enorme diversidad de situaciones educativas: niños y niñas construyendo artefactos con objetos cotidianos; programando apps, videojuegos o robots con ordenadores y/o tabletas; realizando algún

pequeño experimento u observación científica; trabajando conceptos matemáticos con material manipulativo; visitando un centro tecnológico, conociendo profesionales del ámbito, etc. El resultado es una amalgama coloreada de actividades a menudo grupales, manipulativas y que utilizan recursos tecnológicos sofisticados en los cuales el alumnado se ve animado a superar, de forma creativa, algún reto constructivo.

La falta de una proyección y definición clara de qué es la educación STEM se pone de manifiesto también cuando se analizan las visiones que de este marco tienen los diferentes profesionales implicados, particularmente entre docentes STEM (Simarro y Couso, 2018). Ya des de la primera formación de formadores en STEM organizada en nuestro contexto en el 2017 dentro del Pla STEAMCat, nos encontramos que las preguntas que nos hacen maestros/as y docentes en ejercicio cuando hablamos de este marco en conferencias, mesas redondas y formaciones transpiran verdaderas dudas respecto al qué y al cómo de las STEM. Así, resulta común la emergencia de preguntas como:

- “¿STEM es hacer proyectos de ingeniería en el aula?” (¿Cuántas letras de las STEM hacen falta para que sea STEM? ¿La E es la letra nueva y más importante de las STEM? ...)
- “¿Si unimos matemáticas y ciencias ya es STEM?” (¿STEM quiere decir trabajar de forma interdisciplinar necesariamente? ¿Hacer cálculos matemáticos cuando se hace una actividad de ciencias ya es introducir las mates? ¿Qué quiere decir trabajar integradamente?)
- “¿Jugar a hacer construcciones libres con bloques, es una actividad STEM?” (¿STEM va de enfatizar el proceso tecnológico explícitamente? ¿Para promover la creatividad, es suficiente con dejar que sean creativos? ¿STEM es jugar o hacer gamificación? ¿STEM va siempre de construir alguna cosa? ...)
- “¿STEM quiere decir hacer un tipo de proyectos concretos?” (¿STEM implica seguir la metodología ABP? ¿Se puede hacer STEM si no hay reto o no se trabaja en grupo? ¿En las STEM se evalúa el producto o el proceso?

¿Para ser una actividad STEM hace falta que se alargue mucho en el tiempo? ...)

- “¿Si no ponemos la A ya no vale?” (¿STEAM es la versión moderna del STEM de antes? ¿La A es necesaria para atraer a las niñas? ¿La A hace las STEM más atractivas para todos/as?)
- “¿Hacer ciencias con pizarra digital o realidad aumentada sería STEM?” (¿STEM va de competencia digital o de introducir las TICs? ¿Hacen falta tecnologías muy nuevas para hacer STEM? ...)
- “¿Hace falta introducir los robots para hacer STEM?” (¿Hacen falta tecnologías programables en STEM? ¿STEM implica necesariamente pensamiento computacional? ¿Sería suficiente con programar con Scratch? ¿Si no tenemos impresora en 3D ya no podemos hacer STEM? ...)

El abanico de preguntas es grande, y el grado de concreción sobre la educación STEM que requiere responderlas es elevado. El profesorado pide que, más allá de compartir las supuestas bondades del marco o ejemplos de proyectos STEM inspiradores, ¡nos mojemos de verdad sobre cómo llevarlos al aula! Como se puede ver, sin embargo, las dudas que nos manifiesta el profesorado respecto a la educación STEM se relacionan con cuál es la verdadera novedad que nos aporta este nuevo marco, es decir, si la propuesta educativa STEM implica nuevos contenidos, nuevas relaciones entre disciplinas, nuevos objetivos, nuevas metodologías y/o nuevos recursos para la educación científico-tecnológica, entre otras. Las voces críticas en la literatura del ámbito, como Bodgan Toma y García Carmona (2021), se preguntan lo mismo, de hecho. Para intentar dar respuesta a estas preguntas, sin embargo, creemos necesario primero reflexionar profundamente sobre para qué nos haría falta, si es que nos hace falta, esta educación STEM. Qué hacer en el aula STEM y cómo hacerlo, tan si implica hacer cosas muy nuevas como si va de hacer aquello que ya hacíamos bien un poco diferente, no puede ser independiente de para qué hacerlo.

NUEVAS FINALIDADES DE LA EDUCACIÓN STEM

Tal y como ya hemos publicado antes, concretar qué nos aporta de nuevo el marco STEM y cómo introducirlo en el aula requiere una reflexión profunda respecto a para qué podemos necesitar incidir más o de forma diferente en la enseñanza y aprendizaje del ámbito científico-tecnológico hoy. Esta importancia del “para qué” como motor de aquello que hacemos en STEM la hemos defendido desde el inicio de la introducción del Pla STEMCat en nuestro país (Couso, 2017). Y lejos de perder importancia, a medida que sabemos más sobre la educación STEM se va ampliando la mirada respecto a las finalidades que debemos perseguir. Así, hoy en día, creemos que la educación STEM que necesitamos debe garantizar dos objetivos claros y diferenciados, aunque profundamente interrelacionados, que vinculan profundamente quién somos con qué somos capaces de hacer en STEM.

El primer objetivo de la educación STEM es capacitar y alfabetizar en el ámbito científico y tecnológico a todo el alumnado, de forma que domine la aplicación de las ideas clave y las prácticas idiosincráticas de las disciplinas de la Ciencia, la Ingeniería y las Matemáticas escolares para que pueda participar de forma activa y apoderada en la construcción de un mundo más sostenible, inclusivo, equitativo y socialmente justo. Este objetivo está muy relacionado con la definición de competencia STEM para todos/as y con valores, ya publicada en esta revista hace unos años (Couso, 2017). Esta definición enfatiza la importancia de entender la educación STEM como aquella que nos permite mirar el mundo desde un conjunto de gafas concreto, las gafas de las disciplinas STEM, reconociendo cuándo nos hace falta cambiar de gafas y las limitaciones de cada una de ellas para comprender e intervenir en el mundo. Este objetivo de alfabetización en el ámbito STEM requiere concretar cuáles son estas ideas clave y prácticas sociales, culturales y discursivas básicas de cada disciplina STEM. Por ejemplo, la idea clave de la ciencia de que la materia está hecha de partículas alineadas de diferentes formas

a nivel micro dando lugar a diferentes propiedades a nivel macro, o la práctica clave de la ingeniería de desarrollar y utilizar prototipos y simulaciones. Algunas de estas herramientas están claras en la literatura del ámbito, como las ideas y prácticas clave de la ciencia, que están profundamente desarrolladas en la propuesta curricular del *Next Generation Science Standards* (NRC 2012). Otras no tienen tanto desarrollo ni consenso. Así, en los últimos tiempos y con el fin de ofrecer herramientas concretas al profesorado hemos estado trabajando en el desarrollo didáctico de las áreas que tenían menos, como la didáctica de la ingeniería. Por ejemplo, hemos hecho un intento de definir cuáles son las ideas clave (Simarro y Couso, en prensa) y las prácticas idiosincráticas de la ingeniería (Simarro y Couso, 2021), y hemos comparado las prácticas clave de las ciencias, las matemáticas y la ingeniería reflexionando sobre el limitado papel concedido a las matemáticas en muchos proyectos STEM (Couso, Mora y Simarro, 2021).

El segundo objetivo que debería perseguir toda educación STEM es promover en el alumnado un posicionamiento crítico, pero no negativo de partida, hacia los temas, agentes e iniciativas del ámbito científico-tecnológico. Este objetivo está orientado a posibilitar equidad real en el disfrute, la participación y la aspiración en y hacia el mundo STEM, lo cual tanto la investigación como nuestra experiencia nos muestra que no pasa independientemente de la capacidad real del alumnado. El posicionamiento STEM nos permite hablar de la influencia de aspectos afectivos y sociales como el interés o la percepción de autoeficacia en relación con la identidad del alumnado en la educación STEM, tal y como hemos discutido en otros sitios (Grimalt-Álvaro y Couso, 2022). Si bien entre nuestro alumnado los hay que se ven a sí mismos como personas STEM, sabemos que hay un enorme sesgo de género entre este alumnado y sus percepciones y preferencias (Grimalt-Álvaro *et al.*, 2022). Y al mismo tiempo, sabemos que gran parte del alumnado no se ve en las STEM por motivos equivocados: porque consideran que no son para gente como ellos/as (personas con su género, raza, etnia, religión, nivel social o económico, historia de vida, y otras, así como todas sus

intersecciones) o porque consideran que no son suficientemente inteligentes (cultura de la brillantez blanca, masculina, universitaria y rica mezclada con la cultura de la excelencia asociada a la ciencia) (Grimalt-Álvaro y Couso, 2019). Ambas características tienen que ver con el estereotipo social asignado a las STEM, y es necesario ponerle remedio desde una educación STEM de calidad que tenga en cuenta que para desarrollar competencia en STEM, primero te tienes que sentir explícitamente invitado/a.

A raíz de la introducción de este segundo objetivo para la educación STEM las autoras hemos hecho una propuesta de reformulación de la idea de competencia STEM de Couso (2017) con la intención de enfatizar aquello que implica tomarse en serio el gran problema del estereotipo, sesgo e identidad que tenemos en el ámbito STEM, y que de hecho para muchos (entre los cuales nos encontramos) es la principal razón de ser. Así, podemos redefinir la competencia STEM de acuerdo a Couso, Grimalt-Álvaro y Simarro (en prensa) como la capacidad de: *“identificar y aplicar, tanto los conocimientos clave como las formas de hacer, pensar, hablar y ser de la ciencia, la*

ingeniería y la matemática, de forma más o menos integrada, para comprender, decidir y actuar ante problemas complejos y para construir soluciones creativas e innovadoras, aprovechando las sinergias personales y las tecnologías propicias, de forma crítica, reflexiva y con valores, reconociendo la propia contribución y la contribución de personas diversas al ámbito STEM para reducir las inequidades existentes”. La figura 1 intenta expresar esta definición de forma esquemática.

Si estamos de acuerdo en que los dos objetivos interrelacionados de alfabetización y posicionamiento STEM adecuados deberían ser irrenunciables para una educación STEM verdaderamente capacitadora, para todos/as y con valores, podemos dejar que esta definición de competencia STEM o cualquier otra que los englobe nos guíe a la hora de decidir qué perspectivas educativas pueden ser favorables, qué metodologías educativas emergen como propicias y qué tecnologías educativas resultan potencialmente adecuadas. Al hacerlo, estamos poniendo el qué y el cómo de la educación STEM al servicio del para qué, entendiendo que no nos importa tanto qué es nuevo en educación STEM como qué podemos

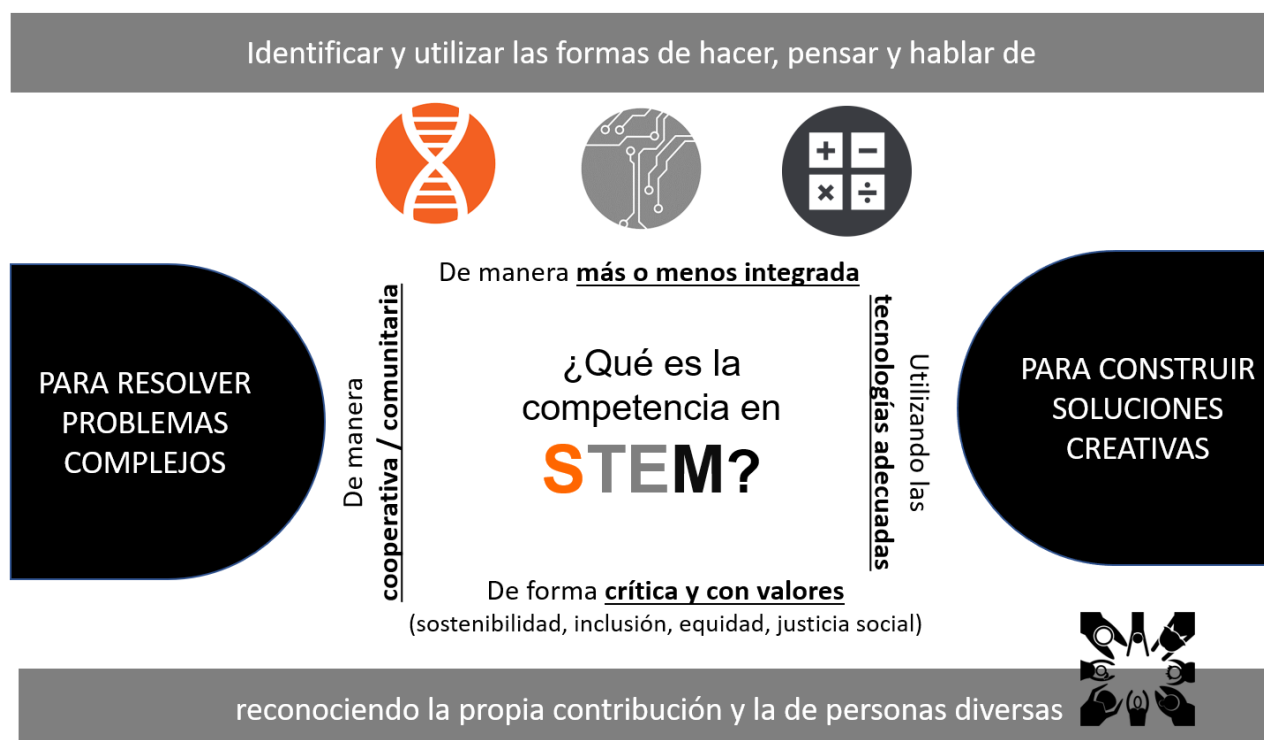


Figura 1: Definición de competencia STEM que incluye un objetivo de alfabetización científico-tecnológica para todos/as y un objetivo de mejora del posicionamiento STEM.

usar, sea novedad o no, para conseguir los dos objetivos de alfabetización y posicionamiento STEM adecuados antes mencionados. En los siguientes párrafos, hablaremos en plural de cada uno de estos aspectos (perspectivas, metodologías y tecnologías) que tan a menudo se singularizan, con la idea de mostrar que en educación STEM, como en general en educación, no hay recetas mágicas ni que haya que seguir paso a paso, pero sí ciertos ingredientes que actúan como principios activos, ayudándonos a conseguir el efecto deseado para nuestra propuesta.

PERSPECTIVAS QUE FAVORECEN UNA EDUCACIÓN STEM DE CALIDAD

Una educación STEM de calidad se debe plantear desde perspectivas educativas de alto valor didáctico que permitan y potencien el espíritu de diálogo disciplinario, crítico y comunitario que impregna la definición de competencia STEM antes descrita. Esto implica utilizar perspectivas educativas que requieran mirar un problema desde diferentes disciplinas, que potencien la aplicación del pensamiento crítico y la argumentación fundamentada en datos, y que lo hagan en un contexto de participación comunitaria lo más genuino y real posible, donde la agencia y la participación de todo el alumnado sea verdaderamente necesaria.

La idea de perspectivas cros-disciplinarias o que fomentan una cierta integración de las diferentes disciplinas STEM o de las STEM con otras disciplinas que queremos presentar aquí está bastante lejos de la idea de multi, inter o transdisciplinariedad que encontramos en muchas publicaciones y propuestas en educación STEM. Para nosotros, STEM no es su propia disciplina, ni implica globalizar o disolver las disciplinas como si aquello disciplinario no nos aportara nada. Lamentablemente, a menudo se ha presentado STEM como un mero contexto, dando a entender que un proyecto es STEM simplemente porque incluye un elemento relacionado con las STEM, como por ejemplo un proyecto de limpieza de un río. Otras veces se ha considerado que para ser STEM el proyecto debe incluir todas las disciplinas

STEM por igual y de forma equilibrada, lo cual acaba implicando que, en un tiempo prudencial, sólo se pueda trabajar superficialmente y a menudo forzosamente cada disciplina (p.ej. con la S trabajamos un poco el río, con la T diseñamos una pinza recolectora de suciedad y con la M hacemos algunos cálculos de volumen de la suciedad recogida... y como nos falta la A, ¡diseñamos una camiseta “chuli” para hacerlo!). A menudo también se habla de proyectos globalizados donde “se hace de todo” a un nivel muy poco profundo, aplicando y practicando aquello que el alumnado ya sabe y trae de casa, al centrarse sólo en desarrollar competencias transversales sin trabajar competencias específicas de STEM o de cualquier otra disciplina. Al hacerlo, el alumnado profundiza poco en aquello que debe aprender de nuevo haciendo el proyecto, y que probablemente es alguna cosa que difícilmente aprenderá fuera de la escuela.

Para nosotros, que ésta sea o no una buena actividad o secuencia didáctica STEM no tiene que ver con el tema, ni con cuántas letras del acrónimo STEM incluye ni con cómo de bien se lo pasará el alumnado, sino con qué ideas importantes y qué prácticas clave de las diferentes disciplinas se trabajarán, a fondo, en este proyecto. Así, si el proyecto escolar de “limpiemos el río” utiliza el ejemplo del río para trabajar a fondo la idea de ecosistema, y si involucra el alumnado en alguna práctica clave de las disciplinas STEM (p.ej. observación y recogida sistemática de datos sobre tipos de suciedad presentes en el río) puede ser un buen proyecto STEM en el cual una disciplina (la científica) lidere la mirada, y otras puedan entrar, si se tercia, en diferentes momentos y grados. Por ejemplo, si hay suficiente tiempo, o más adelante, podemos prototipar y materializar la pinza recolectora de suciedad, o diseñar una app para documentar el proceso. O elaborar una performance o una campaña de información al público que comunique nuestros resultados de investigación aprovechando la capacidad del arte de interpelar. En cualquier caso, sean cuales sean las disciplinas que entren, deberían ser aquellas que realmente nos hacen falta y las que nos podemos permitir, por tiempo y recursos, trabajar de verdad (con objetivos de aprendizaje

específicos). En la idea de educación STEM reflexiva, sin embargo, aquello importante no es tanto incluir diversas disciplinas como hacer consciente al alumnado del cambio de mirada que nos ayudan a hacer las diferentes disciplinas, y cómo todas ellas nos empoderan. Cuando miro el problema del río desde la ingeniería esto me ayuda a buscar una solución que pueda materializar. Cuando lo miro desde la ciencia, esta me invita a investigar y elaborar explicaciones. Cuando lo miro con las gafas del arte, he de buscar una experiencia musical, dramática o estética que me ayude a interpelar y emocionar...

El argumento de que los fenómenos del mundo son de naturaleza interdisciplinaria, que se usa a menudo en educación STEM, no justifica no ir a fondo con el conocimiento y las competencias disciplinarias en cada propuesta STEM, seleccionando adecuadamente cuáles se aprenderán. Los fenómenos del mundo, en realidad, no son ni disciplinares ni interdisciplinares: están ahí, existen, independientemente de si nosotros los queremos abordar o no, ni de cómo lo haremos... Lo que sí está dividido en disciplinas es nuestro conocimiento actual del mundo real, lo cual hace que en el mundo real profesional afrontemos los fenómenos complejos desde diferentes miradas. Esto implica involucrar conjuntamente diferentes experiencias disciplinarias, y nos hace falta (y esto es suficientemente importante) que las personas que dominan diferentes disciplinas sepan dialogar entre ellas. En el aula, podríamos emular esta realidad haciendo partícipe al alumnado de actividades que requieran diferentes miradas y experiencias, haciendo explícito cuándo nos debemos poner las gafas de la ciencia o de la matemática. También, repartiendo estas experiencias entre el alumnado, haciendo que diferentes alumnos en un tema dado se hagan expertos en alguna de estas gafas. Quizá no hace falta que todo el mundo lo haga siempre todo, pero sí que aquello que hagan lo hagan lo suficientemente a fondo para que le aporte sentido de experiencia, es decir, capacidad de actuar con conocimiento y confianza en el valor de su contribución.

Hay diversas perspectivas educativas que permiten trabajar de esta forma más respetuosa con aquello disciplinar, y al mismo tiempo dialogando y navegando entre disciplinas. En la educación STEM una perspectiva privilegiada, y muchas veces confundida con la propia educación STEM, es la perspectiva STEAM. Consideramos que ésta puede ser una perspectiva muy adecuada al permitir al alumnado mirar un mismo problema desde gafas tradicionalmente separadas, a raíz de la nefasta tradición de las “dos culturas” que separa aquello artístico y humanista de aquello científico-tecnológico. La importancia caudal, sin embargo, que en nuestra visión de educación STEM damos a todas las disciplinas, sean STEM o no, nos lleva a ser muy críticas con muchas propuestas que llevan la etiqueta STEAM y que sólo se centran en decorar o hacer bonito aquello que se ha construido... La A de las STEAM implica introducir la filosofía, la literatura, la historia, la economía, la geografía, todas las artes, etc., de forma seria y cuando y como haga falta. Es preferible no hacer STEAM que hacer una actividad claramente científica o de la ingeniería y meter las artes, al final y con calzador, como una mera manualidad... Tampoco hace falta ponerle una A meramente estética para traer alumnas a las STEM, ya que difícilmente podemos vencer los estereotipos aplicándolos intensamente. Nuestras alumnas ni el alumnado en desventaja socio-cultural no necesitan que pongamos purpurina al robot que han diseñado para verle un sentido a hacerlo, pero quizá sí necesitan, ellas y todo el mundo, que les digamos qué necesidad personal y social cubrirá este robot y qué dilemas éticos nos plantea su construcción.

Otras perspectivas que nos ayudan a hacer STEM para lograr la competencia STEM tal y como nos la planteamos serían aquellas que, sin ser nuevas, han mostrado ser potentes al desarrollar la capacidad reflexiva y crítica del alumnado sin evitar los valores. Un ejemplo es el marco de las Cuestiones socialmente vivas o las Controversias socio-científicas o SSI (Díaz y Jiménez-Liso, 2012) que invitan al alumno a sopesar, valorar y decidir, de forma argumentada y justificada, entre alternativas a menudo contrapuestas. En las propuestas SSI el alumnado reconoce la

complejidad del mundo que lo rodea, identificando los diferentes intereses existentes en cada situación y vivenciando cómo el conocimiento científico-tecnológico es necesario para poder comprender, decidir y actuar, pero al mismo tiempo no la única fuente de conocimiento a tener en cuenta. Otro ejemplo potente de perspectivas muy conocidas y ampliamente investigadas serían la educación ambiental y la perspectiva CTS, que de hecho muchos defienden como previa y más adecuada que la actual STEM a la hora de relacionar ciencia y tecnología. Ambas perspectivas son altamente contextualizadas y dan relevancia a los valores, enfatizando que la relación de los humanos con el mundo que nos rodea se ha de mirar desde una postura crítica. Actualmente visiones como el ecofeminismo escolar o la educación STEM por la justicia global son herederas de estas perspectivas, pero con un posicionamiento activista y transformador de tipo más incisivo (¡y por tanto seguramente más adecuados a los tiempos de emergencia climática y social que corren!). También propuestas que destaquen el respeto al conocimiento científico y matemático de los pueblos como la etnomatemática o la ciencia de grupos humanos tradicionalmente alejados de la ciencia formal. Desde nuestra visión, inspirarnos en estas perspectivas para una educación STEM reflexiva, crítica y con valores, que incluya explícitamente la ingeniería y las matemáticas, a menudo ajenas a esta reflexión con más carga sociohistórica y cultural, puede favorecer el desarrollo de una competencia en el ámbito científico-tecnológico más sensible a los problemas éticos del mundo STEM.

Otras propuestas interesantes como perspectivas STEM que han llegado hace poco a la educación son las propuestas de ciencia ciudadana o de ingeniería comunitaria, que desde un posicionamiento a caballo entre la Investigación Socialmente Responsable (RRI) y el Aprendizaje-Servicio (ApS), involucran al alumnado en campañas reales y profesionalmente dirigidas de investigación científica (diseño de instrumentos, recogida de datos, análisis de datos...) y co-creación de soluciones (diseño de espacios, participación en pruebas o *user tests*...) (Domènech

y Lope, 2015). Aunque a menudo estas iniciativas nacen fuera del ámbito educativo y no tienen, por tanto, necesariamente una fundamentación didáctica adecuada, el potencial didáctico de las mismas cuando se utilizan en contexto escolar y para aprender, por ejemplo, acompañadas de un material didáctico *ad hoc*, puede ser muy elevado. Al mismo tiempo, permiten que el alumnado vea que tiene un papel en la investigación real siendo quien es, y cuando se escoge convenientemente las personas y los mensajes que estas dan a la escuela, favorecen que el alumnado experimente que los y las profesionales STEM reales (científicos/as, ingenieros/as, matemáticos/as) son más como él/ella de lo que piensa. Un ejemplo en el que hemos participado sería el proyecto ATENCIÓ [1], en el que el alumnado participaba en un experimento científico real sobre efectos cognitivos de la contaminación, al mismo tiempo que aprendía sobre el tema y hacía su propia investigación escolar sobre el nivel de contaminación en su escuela, guiado por científicos y científicas de diferentes edades que hablaban de sus intereses más allá de la ciencia.

METODOLOGÍAS PROPÍCIAS PARA UNA EDUCACIÓN STEM DE CALIDAD

Definir la educación STEM como aquella educación que sirve para desarrollar alfabetización y posicionamiento STEM adecuados, independientemente de cómo se haga, es poco común. A menudo, tanto en documentos curriculares como en las formaciones docentes se habla de la educación STEM como una propuesta metodológica concreta e innovadora, que implica organizar la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, la ingeniería y las matemáticas de forma más activa, contextualizada y cooperativa.

Obviamente no tenemos nada en contra de utilizar en el aula metodologías activas, contextualizadas y cooperativas, para hacer STEM o cualquier otra cosa, porque la investigación educativa en general y en didáctica de las disciplinas STEM en particular nos indican que estas características son importantes para el aprendizaje. Sin embargo, lo que la investigación

nos dice es que no sirven *per se* y que a menudo se interpretan de forma reduccionista.

Por ejemplo, cuando hablamos de metodologías activas, deberíamos hablar de metodologías que potencien la actividad mental o cognitivo-discursiva del alumnado en lugar de metodologías centradas en la actividad manual o técnico-manipulativa del mismo (Garrido-Espeja y Couso, 2013). Lo que la investigación nos dice sobre la importancia del alumno activo en el proceso de construcción de su conocimiento hace referencia, de hecho, a actividades de naturaleza social, discursiva y cognitiva al mismo tiempo, donde la actividad manipulativa o sensorial tiene sentido como soporte y representación de aquello cognitivo y socio-discursivo, para poder hablar, hacer y pensar ya sea con uno mismo como con los demás. Destacamos esta idea porque a menudo se habla de metodologías asociadas a las STEM, como el *tinkering* o las matemáticas con soporte manipulativo haciendo énfasis en los recursos materiales que implican, sin darnos cuenta de que por sí solos, estos recursos tienen poco potencial. Lo que hace interesantes estos recursos, que lo son, es el hecho de que los manipulamos en función de ciertas preguntas o retos, que explicitamos lo que pensábamos al principio y lo que pensamos ahora, que comparamos diferentes formas de pensar y hacer, que podemos comprobar y argumentar lo que concluimos de estas pruebas, que consensuamos entre todas qué hemos aprendido, haciendo esto, etc. Así, más que de metodologías activas hablaríamos de metodologías potencialmente activadoras, donde el papel del docente es precisamente activar (Hattie, 2009) (y no tanto acompañar como si pudiera pasar por sí sola en el entorno adecuado) esta actividad profundamente dialógica, social y cognitiva en la que hablamos, hacemos y pensamos juntos. Y cuando es STEM, el papel del docente es, por tanto, activar la actividad de hablar, hacer y pensar como se hace en ciencias, ingeniería y matemáticas (Couso, 2017).

Otro punto a destacar en las metodologías activas es que se asocian a menudo a actividades lúdicas donde el alumnado “se lo pasa bien”, ya sea porque la metodología invita a jugar (como por

ejemplo en la gamificación), ya sea porque la actividad es abierta e invita a probar (p.ej. una actividad *tinkering*). Independientemente de la metodología escogida, aquello interesante y común a estas propuestas no es tanto la diversión, que de hecho puede no estar presente ni se asocia directamente con el aprendizaje, como el hecho de que en estas propuestas el ambiente y el clima de aula son relajantes principalmente porque se despenaliza el error y se desvincula la actividad de la nota cuantitativa. Y estas dos variables, relacionadas con la evaluación, sí que son variables que potencian el aprendizaje de acuerdo con los expertos (Sanmartí, 2010), igual que lo haría integrar la autorregulación metacognitiva en la actividad. Al mismo tiempo, en estos espacios y/o propuestas activas también es importante la existencia de andamiajes y del apoyo docente que posibilitan a los estudiantes tener éxito y por tanto mejorar su percepción de autoeficacia. Dicho de otra forma, lo que las hace atractivas no es tanto el formato, como aquello que su formato posibilita cuando se hace de forma adecuada. Por ejemplo, un *scape room* no es una actividad intrínsecamente divertida y por tanto favorecedora del aprendizaje. Al contrario, sólo cuando el *scape room* se realiza en un entorno de despenalización del error y de forma que el alumnado puede participar y tiene los andamiajes para hacerlo con éxito, el *scape room* sirve para aprender alguna cosa y resulta divertido.

Siguiendo con las características comunes a las metodologías propicias para la educación STEM, uno de los rasgos característicos más importantes es la contextualización del aprendizaje, entendida como aquella práctica educativa que permite dar sentido a aquello que se está aprendiendo al situarlo en la realidad. Desde una perspectiva psico-cognitiva, contextualizar es necesario para poder identificar las ideas previas y los conocimientos de partida del alumnado, que acostumbran a ser diferentes de aquellas ideas y conocimientos que se ponen en marcha en el contexto académico (Pozo, 2020). Teniendo en cuenta que lo más importante para aprender alguna cosa es aquello que uno ya sabe sobre esta cosa (Bransford *et al.*, 2000), la contextualización del aprendizaje en situaciones cotidianas o lo suficiente cercanas a la experiencia real del

alumnado debería considerarse un requisito para el aprendizaje, en lugar de una opción metodológica entre otras. Enseñar en contexto requiere no sólo conectar con las experiencias y emociones del alumnado, sino ayudarlo a reinterpretarlas desde el nuevo conocimiento que se está aprendiendo (Espineta, 2014), despertando así el interés del alumnado para actuar e intervenir en el mundo desde la escuela (Sanmartí y Márquez, 2017). Así, contextualizar es un ejercicio de conexión con la vida y mirada del alumno, y a la vez, una manifestación de la voluntad de ampliarla.

A pesar del cuórum que hay con respecto a la importancia de contextualizar el aprendizaje, lo que entendemos por contextualización y cómo hacerlo, tanto dentro del ámbito STEM como en general, es producto de visiones muy diferentes de lo que es un buen contexto de enseñanza y aprendizaje. Por ejemplo, el hecho de contextualizar se ha relacionado a menudo con la pretendida bondad asociada a la posibilidad de elección del alumnado (por ejemplo, iniciando el proyecto STEM de los animales alrededor del animal escogido por la clase), sin tener demasiado en cuenta qué posibilidades reales de aprendizaje nos da el contexto escogido (por ejemplo, si nos permite la observación o ayuda a poner a prueba las ideas que tenemos) (Garriga, Pigrau i Sanmartí, 2012). Al mismo tiempo, se ha atribuido a la elección de un buen contexto la capacidad de motivar intrínsecamente al alumnado, por ejemplo, creyendo que hacer cinemática en el contexto del *skate park* será más cercano y por tanto mejor hoy en día que hacerlo en un contexto más arcaico como puede ser el billar. Estas elecciones de contexto, sin embargo, se fundamentan en dos suposiciones erróneas. La primera, que se considera que la motivación es más un prerrequisito para el aprendizaje que el resultado de experiencias de aprendizaje exitosas. Así, resulta común hablar de contextos motivadores como aquellos que apelan a intereses propios y personales, y que son por tanto precursores del aprendizaje, aunque hoy en día sabemos que la motivación está más relacionada con la experiencia de participar con éxito en las actividades que se proponen y reconocer que al hacerlo, se aprende (Fernández, 2021). En segundo lugar, al escoger el

contexto supuestamente interesante para todas, se considera que el alumnado es más homogéneo de lo que realmente es, como si todos y todas tuvieran unos intereses comunes y compartidos que podemos desvelar y aprovechar. Lamentablemente, y tal y como explicamos en detalle en otro sitio, los intereses del alumnado nunca son los intereses de todo el alumnado y, afortunadamente, hasta aquello que no genera interés inicial, puede convertirse en interesante (Couso y Sanmartí, en prensa). Así, siguiendo la propuesta de Pérez, Couso y Márquez (2021) para la elección de contextos adecuados para los proyectos STEM, consideramos que los contextos adecuados son aquellos que presentan un equilibrio entre diferentes dimensiones del contexto, incluyendo su potencial relevancia personal, social y global (el grado en que el contexto trata de temas que afectan directa o indirectamente la vida del alumnado); su significatividad científico-tecnológica (hasta qué punto el contexto permite aprender alguna idea o práctica importante de las disciplinas STEM) y su autenticidad (el grado en que el contexto es genuino y permite una actividad del alumnado auténtica o al menos verosímil a la real). Así, no se trata de encontrar el contexto más interesante para el alumnado, sino de escoger entre diferentes contextos con potencial para aprender la idea X o la práctica Y. Y hacerlo a partir de lo que el alumnado ya sabe sobre X o Y, y de una forma que le permita pensar, hacer y hablar sobre X o Y como lo hacen los/las expertos/as en el ámbito.

Lo mismo pasa con la idea de metodologías cooperativas, en el sentido de metodologías que favorecen que se aprenda con otros y de los otros. Hay muchísima discusión en la literatura pedagógica sobre las bondades del aprendizaje cooperativo, sus variantes (aprendizaje colaborativo, aprendizaje entre iguales, etc.) y las diversas formas de promoverlo en el aula (agrupaciones homogéneas y heterogéneas, técnica del puzle o *jig saw*, técnicas de co-creación, etc.) (Laal y Ghodsi, 2012). A pesar de ser un tema conocido y a menudo implementado en las actividades educativas STEM (tanto que, de hecho, no es una variable que discrimine unos proyectos de otros de acuerdo con la investigación de Pérez, Couso y

Márquez (2021)), conviene destacar que en educación STEM la cooperación entre el alumnado, pero también del alumnado con su comunidad, resulta no sólo una metodología de aula adecuada para aprender ideas y prácticas, sino una metodología de actuación en el mundo. Un ejemplo sería la metodología de co-creación del pensamiento del diseño o *Design Thinking*, que se esgrime en educación STEM a menudo como una metodología privilegiada para resolver problemas y construir soluciones de forma cooperativa (Albalat, 2017). Esta metodología, sin embargo, aunque útil en algunas ramas de la ingeniería y las ciencias sociales no es propia de todas las disciplinas STEM. De hecho, la solución de problemas matemáticos a partir de aplicar el razonamiento matemático, o la construcción informal y con aquello disponible en un espacio *tinkering* no siguen una metodología *Design Thinking*, a pesar de ser actividades claramente de educación STEM.

Por último, no podemos finalizar un apartado sobre metodologías propicias para el desarrollo de las STEM sin mencionar la metodología más utilizada y vinculada a las STEM en todas partes, hasta el punto que a menudo se define educación STEM mencionando rasgos propios de esta metodología, como la necesidad de plantear retos al alumnado. Estamos hablando del Aprendizaje Basado en Proyectos o ABP, que a pesar de no ser patrimonio de la educación STEM, está detrás de su operativización en la mayoría de centros educativos de nuestro contexto. Aunque escapa de la intención de esta publicación detallar las potencialidades y limitaciones que una propuesta tan potente y a la vez tan demandante como el ABP plantea al profesorado, creemos conveniente resaltar aquí la necesidad de una cierta independencia metodológica de las propuestas STEM. El objetivo es compartir con el profesorado la idea de que no hay una metodología privilegiada en educación STEM, sino muchas compatibles con la voluntad de mejorar la alfabetización y posicionamiento STEM del alumnado. A pesar de considerar que el ABP resulta en muchos aspectos una metodología adecuada en el contexto de la educación STEM, no podemos obviar que otras metodologías, como el Aprendizaje Basado en la Indagación o IBSE; la Indagación Centrada en

Modelizar o MBI; la resolución de problemas, las propuestas que siguen la filosofía *Maker*, el mencionado *Design Thinking* o el Aprendizaje Servicio, entre otras, pueden ser también metodologías propicias en tanto que altamente contextualizadas, activas y cooperativas. Para muchos, todas estas metodologías se pueden desarrollar dentro de un proyecto STEM o de STEM ABP que estructuraría la actividad del alumnado entorno al planteamiento de un reto, el desarrollo de una solución y su comunicación final. Al mismo tiempo, sin embargo, la educación STEM también se realiza en contextos pedagógicos que no requieren esta secuenciación o bien donde la actividad no está tan estructurada, como en espacios diseñados *ad hoc* tales como rincones, ambientes, clubs de código, espacios *tinkering* u *open labs*, entre otros. Aun así, creemos que la diversidad de metodologías disponibles y la estructuración en tiempo y espacio diferentes enriquecen la actividad STEM dentro y fuera del aula. Siempre y cuando esta actividad esté activamente orientada al logro de la competencia STEM y el profesorado sea crítico con cómo de contextualizada, activa y cooperativa es la actividad del alumnado participante, podemos hablar de diversidad de metodologías propicias para la educación STEM.

TECNOLOGÍAS ADECUADAS PARA UNA EDUCACIÓN STEM DE CALIDAD

Quizá el tema más contestado en educación STEM es precisamente el rol otorgado a la tecnología. Aunque la T de tecnología forma parte del propio acrónimo STEM, coincidimos con otros autores en señalar la importancia de limitar su papel central, por diversos motivos que detallamos a continuación.

Hablar de educación STEM o de educación en el ámbito científico-tecnológico es hablar de la mirada que nos aportan las disciplinas Científicas, Matemáticas y de la Ingeniería, que son cuerpos disciplinarios propios con objetivos, criterios de validez, esferas de actividad y formas de conocimiento diversas y ricas (Couso y Simarro, 2021). Aunque el objetivo diferencial de la ciencia es construir explicaciones fundamentadas en

datos, el de la matemática, resolver problemas de cariz matemático, y el de la ingeniería, materializar soluciones (Couso, Mora y Simarro, 2021), la tecnología no tiene un objetivo en sí misma como disciplina, porque es un producto o herramienta orientada a facilitar las actividades humanas. Así, la tecnología facilita las actividades propias de la ciencia, la matemática y la ingeniería, y también las otras disciplinas como la historia, la filosofía, la política, la economía o las artes. Es por esto que algunos autores hablan de educación SEM, acrónimo con el que de hecho nació la educación STEM como tal (Couso, 2017), para referirse al tipo de educación que desarrolla la competencia en el ámbito científico-tecnológico. Des de esta perspectiva, que entiende la tecnología como producto de la ingeniería y a la vez herramienta para la ingeniería y para todo el resto de disciplinas (Simarro y Couso, en prensa), la tecnología puede tener un papel tan secundario o preponderante en la educación STEM como en la educación de cualquier otro ámbito, y como pasaría en cualquier otro ámbito, utilizar tecnología no es algo inherentemente positivo. Esta visión de la tecnología como a no exclusiva ni central en la educación STEM, sin embargo, no se debe malinterpretar. Limitar el papel de la tecnología en la educación STEM no quiere decir, por ejemplo, que la asignatura de tecnología sea una asignatura a escindir, ni tampoco que se deba orientar a estudiar la historia de nuestras herramientas. Al contrario, si alguna cosa ha hecho la educación STEM es reclamar el papel importante que la ingeniería como disciplina debe tener en la educación obligatoria, involucrando al alumnado en prácticas propias de la ingeniería como la delimitación, el prototipaje o el testeo (Simarro y Couso, 2021).

Independientemente de si consideramos la tecnología como disciplina STEM o no, a menudo la educación STEM ha recibido críticas legítimas sobre su lado oscuro precisamente en relación con el mundo de la tecnología (García, 2020). Estas críticas hacen referencia a sus relaciones con el poder político-económico de las grandes empresas *high-tech*, más interesadas en la existencia de muchas y diversas (y, por tanto, baratas) vocaciones STEM, particularmente en el ámbito de

la computación. También, al interés por la venta de tecnologías educativas y productos para el aula del futuro por parte de estas mismas empresas globales y muchas otras locales, a menudo en forma de tecnologías sofisticadas de tan elevada potencialidad como rápida obsolescencia. Lamentablemente, esta vinculación entre el mundo de la educación STEM y los proveedores mundiales de tecnología tiene como consecuencia que muchas de las propuestas de educación STEM adolezcan de un profundo tecno-optimismo, favorezcan una perspectiva tecno-solucionista hacia los problemas del mundo e impliquen, en las escuelas y centros educativos que quieren iniciarse en esta perspectiva, un síndrome de compra poco reflexiva de tecnología, tales como impresoras 3D, robots y muchos otros dispositivos, sin saber si realmente hace falta.

Des de nuestra perspectiva, sin embargo, la educación STEM debe ser una educación balanceada entre el protagonismo dado a las diferentes disciplinas y, por tanto, no centrada en la ingeniería (Couso y Simarro, 2021). Al mismo tiempo, las tecnologías que permiten trabajar las prácticas de la ingeniería y dar apoyo a las ciencias y las matemáticas no siempre deben ser tecnologías digitales ni altamente sofisticadas, tal y como demuestra el aprendizaje que se puede desarrollar con tecnologías analógicas y de tipo casero (Simarro, 2019), así como las propuestas que reciclan tecnologías o las imaginan. Por último, la introducción de la educación STEM en una escuela ha de capitalizar en aquello que la escuela ya hace bien y en los valores que la caracterizan, en lugar de fagocitarlos. Así, la educación STEM que se realiza en una escuela de bosque o con tradición de educación ambiental no debería ignorar este hecho, por ejemplo, llenando la escuela de tecnologías no reutilizables y piezas de plástico hechas con la impresora en 3D. De hecho, esta reflexión sobre qué tecnologías digitales usar, cómo y para qué, debería formar parte de toda propuesta tanto de educación STEM como de educación en general (López *et al.*, 2020).

A pesar de la visión crítica que tenemos sobre la tecnología que se incorpora en las escuelas, y particularmente sobre la lamentablemente común

asociación entre educación STEM y tecnología digital, no estamos diciendo para nada que la tecnología no tiene ningún papel ni potencialidad en la educación STEM. De hecho, la emergencia de tecnologías programables de bajo coste no se puede separar de la explosión que en la educación STEM ha tenido el interés por la robótica, la programación y el pensamiento computacional desde la primera infancia. La importancia de este tipo de pensamiento, considerado por la EU como una competencia básica del siglo XXI tal como el pensamiento creativo o el pensamiento crítico, recae en cómo su desarrollo puede ayudar a la ciudadanía a gestionar las situaciones complejas propias de nuestra sociedad del conocimiento (y a la vez del desconocimiento). Así, el pensamiento computacional va más allá de la programación y se vincula a ideas como abstracción, lógica, algorítmica, descomposición, depuración, heurística, iteración y automatización, entre otras (Peracaula-Bosch *et al.*, 2020). Y a pesar de que el pensamiento computacional se puede introducir en el aula de forma “desenchufada”, y que no existe una relación biunívoca ni entre pensamiento computacional y robótica (p.ej. se pueden usar robots sin desarrollarlos), ni tampoco entre pensamiento computacional y programación, es obvio que con una utilización adecuada de tecnologías creativas y programables se favorece su desarrollo. En resumen, aunque pensamos que tanto el pensamiento computacional como especialmente la robótica y la programación deben tener un papel limitado en la educación STEM que no reduzca la competencia STEM a esta vertiente de la misma, valoramos como una aportación positiva de esta propuesta el hecho de visibilizar este tipo de pensamiento como uno más a trabajar en el aula STEM (López *et al.*, 2020).

Lo mismo pasa con otras tecnologías digitales que, a pesar de tener su papel, han centrado más la mirada en la herramienta por su atractivo y novedad, que en el aprendizaje que esta herramienta permite. Un ejemplo son las impresoras en 3D, la realidad aumentada o los bloques de construcción programables tipo Lego Mindstorms. Aunque todas estas herramientas tienen claras potencialidades y pueden utilizarse en el contexto de proyectos y/o actividades STEM que

sirvan para aprender algún concepto o práctica clave de las disciplinas STEM, a menudo el peso se ha puesto en el dominio técnico de la propia tecnología, buscando qué problema del mundo puede ser adecuado solucionar con estas herramientas que queremos, sí o sí, introducir en el aula. Al hacerlo, se cumple el antiguo dicho de “cuando sólo se tiene un martillo, cualquier problema parece un clavo”. Esto puede llevar a usos inconsecuentes y forzados de estas herramientas, como imprimir llaveros con el nombre del alumnado en lugar de piezas que no podemos conseguir de ninguna otra forma. Teniendo en cuenta las dificultades técnicas y la curva de aprendizaje asociada a muchas de estas herramientas, es importante seleccionar bien cuáles nos hacen falta y cuándo, en función del valor real que la tecnología aporta a la solución del problema y decidiendo de forma realista qué parte de su uso es necesario que el alumnado domine y cuál quizá no. En resumen, se trata de decidir qué tecnologías son asequibles, tanto económicamente como pedagógicamente para el alumnado, potenciando el uso de tecnologías programables, que fomenten la creatividad e incorporen ciertos valores (como la cultura *Open Access* o el reciclaje de tecnología) por delante de otras menos interactivas, flexibles y éticas.

RESUMEN Y REFLEXIONES FINALES

La educación STEM se entiende y se lleva a cabo de forma muy diferente en todas partes, convirtiéndose en un paraguas demasiado grande e indeterminado que engloba todo aquello “innovador y excitante” que pasa en la educación del ámbito científico-tecnológico (Kelley y Kowles, 2016). De hecho, dentro de este paraguas encontramos iniciativas empresariales que sólo buscan incidir en la capacitación del mercado laboral para cubrir sus necesidades, y también estrategias comerciales que sólo buscan hacer negocio con la educación vendiendo “dispositivos STEM”. Al mismo tiempo, sin embargo, encontramos también muchas otras iniciativas educativas estrechamente vinculadas a la equidad educativa y al acceso más democrático al conocimiento STEM, así como al feminismo y a la

perspectiva de género, de justicia social o de educación ambiental. Dejar de disputar y ceder el significado STEM a los primeros sería no sólo una renuncia de aquellos que concebimos una educación al servicio del bien común, la equidad o la justicia global, sino que invisibilizaría aún más las ventajas y las oportunidades que esta perspectiva nos ha aportado los últimos años a nuestro contexto educativo. Son un ejemplo la incorporación de la práctica de la ingeniería ya en la escuela de primaria, la sensibilización hacia las inequidades existentes en este ámbito, la visibilización del pensamiento computacional como una competencia básica, la cooperación entre docentes de diversas disciplinas en el diseño e implementación de propuestas educativas, la apertura de las escuelas a profesionales STEM o la dotación de tiempos largos y espacios específicos para el aprendizaje integrado de ideas y prácticas clave de la ciencia, la ingeniería y la matemática, entre otras.

Salvaguardar lo que nos aporta y mejorar lo que no funciona en educación STEM requiere una visión crítica de la educación STEM guiada por su finalidad, que para nosotras es doble. Por un lado, conseguir suficiente alfabetización en el ámbito científico-tecnológico en el sentido de capacidad de utilizar en contexto y con valores las ideas y prácticas clave de las disciplinas STEM. Por otro, el desarrollo de un posicionamiento STEM que supere la influencia de los estereotipos y se reconcilie con la propia identidad.

Conseguir dos objetivos tan demandantes requiere de una educación STEM ecléctica y diversa, que fomente el uso de diferentes propuestas y herramientas didácticas según el objetivo de aprendizaje y el contexto concreto de actuación. Al mismo tiempo, necesitamos una educación STEM que aproveche nuestro extenso conocimiento sobre la enseñanza y aprendizaje del ámbito y conecte con nuestra tradición didáctica y cultural. Así, necesitamos recoger e incorporar a la educación STEM las reflexiones, los conocimientos

y las herramientas existentes en la didáctica de las disciplinas involucradas porque, aunque STEM es nuevo, no podemos obviar que las didácticas de la ciencia y las matemáticas, y en un menor grado de la ingeniería, tienen más de un siglo de desarrollo.

Para hacerlo, hemos propuesto una educación STEM guiada por la variedad de perspectivas favorables, metodologías propicias y tecnologías adecuadas que consideramos que nos pueden servir para plantear una educación STEM de calidad (Figura 2). La elección de los bloques de perspectivas, metodologías y tecnologías para describir qué nos aporta y qué no tanto en educación STEM no es arbitraria: a menudo hemos oído hablar de educación STEM como una perspectiva educativa concreta (en lugar de cualquier perspectiva que promueva la competencia STEM); como una metodología idiosincrática (en lugar de cualquier metodología educativa que promueva la competencia STEM) e incluso como la introducción de ciertas tecnologías en el aula (en lugar del trabajo con o cualquier tecnología o sin ella que sirva para desarrollar la competencia STEM). Al atribuir ciertas características a estas perspectivas, metodologías y tecnologías, como el ser *cross-disciplinarias*, críticas, activas, contextualizadas, asequibles o creativas, entre otras, queremos enfatizar esta idea de que, igual que muchos caminos llevan a Roma, muchas maneras de hacer STEM llevan a una alfabetización y posicionamiento STEM de calidad. Teniendo en cuenta que la extensión de este artículo es limitada, nos hemos dejado características importantes tanto en educación STEM como en general, como el fomento de la autorregulación metacognitiva del alumnado, o la utilización de medidas para promover la inclusión, entre otras. Así, el objetivo no ha sido ser exhaustivos en identificar todo aquello que hace que una propuesta STEM sea de calidad, sino señalar las características más limitantes y comunes en la educación STEM que observamos a nuestro alrededor.

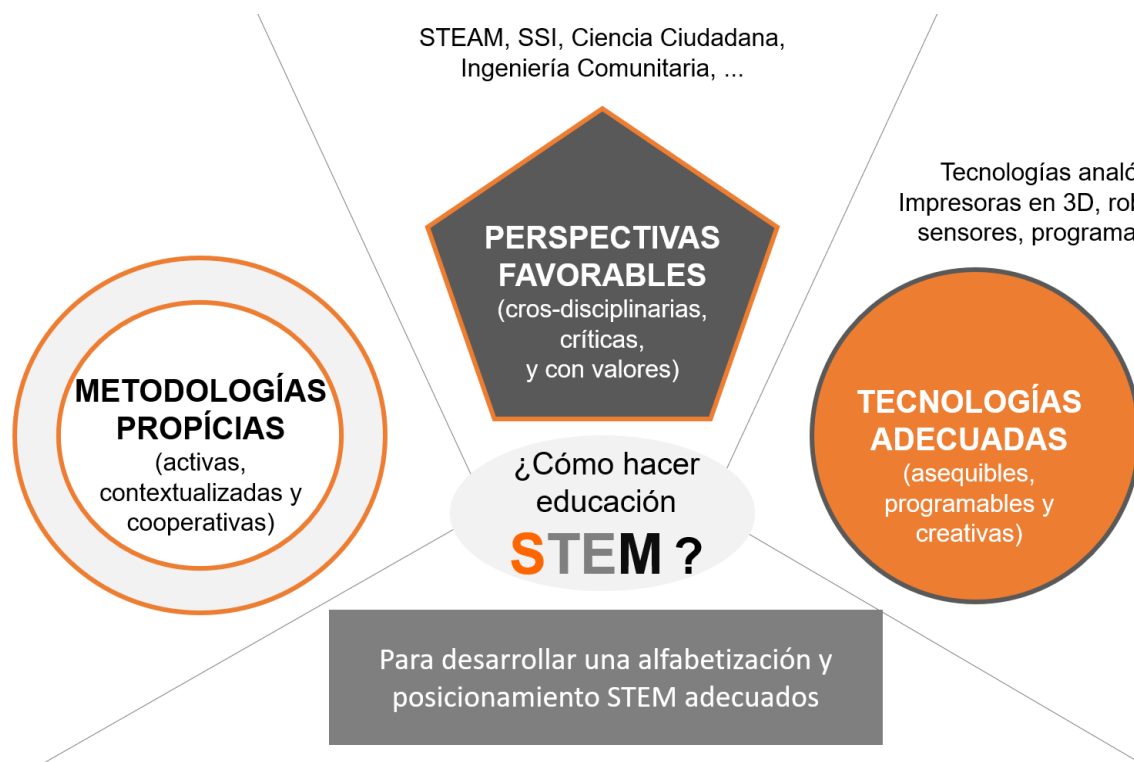


Figura 2: Ejemplo de la diversidad de perspectivas favorables, metodologías propicias y tecnologías adecuadas para desarrollar la competencia STEM.

Por último, indicar que en artículo de Albalat *et al.* (2022), publicado en este mismo número, se muestra cómo se ha operativizado este marco de perspectivas favorables, metodologías propicias y tecnologías adecuadas en la formación y paquete de herramientas concreto que el Departament d'Ensenyament de la Generalitat de Catalunya ha preparado en el marco del programa STEAMCat en nuestro contexto. En él se introducen diferentes ejemplos de perspectivas, metodologías y tecnologías dando acceso a la caja de herramientas o STEMtools que se han elaborado para ayudar al profesorado a introducirlas en el aula. Esperamos y deseamos que, entre las reflexiones presentes en este artículo y las consideraciones incluidas en el siguiente el profesorado encuentre respuestas a las preguntas con las que empezábamos este escrito, así como a otras que pudiera tener. Sabemos, sin embargo, que el futuro de la educación STEM estará lleno de nuevas preguntas, que irán surgiendo a medida que nos vamos encontrando con más dilemas y retos. Nuestra voluntad es continuar reflexionando e investigando en este ámbito para poder

responderlas con conocimiento y en comunidad, involucrando profesorado y alumnado en el reto compartido de promover la competencia STEM.

BIBLIOGRAFÍA

- Albalat, A. (2017). Design Thinking en STEAM. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (34), 29-34.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencias.6>
- Albalat, A., Mateo, E., Couso, D., y Domènech-Casal, J. (2022). STEMtools: una proposta per a planificar el desplegament STEM a l'escola. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (44), 72-87.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencias.451>
- Bornford, J.D., Brown, A. L., y Cocking, R.R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington DC: National Academy Press.
- Bogdan Toma, R. y García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias Revista de investigación y experiencias didácticas*. 39 (1). 65-80.

- Couso, D. (2017). Per a què estem a STEM? Un intent de definir l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Ciències: revista del professorat de ciències de primària i secundària*, (34), 22-30.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.403>
- Couso, D. y Grimalt, C. (2020). ¿Qué es STEM y STEAM y por qué ponerse a ello? *Aula de innovación educativa*, (290), 71-72.
- Couso, D., Grimalt-Álvaro, C. y Simarro C. (en prensa) Problematizing STEM integration from an epistemological and identity perspective. En Ortega Sánchez, D. (Ed) *Controversial issues and social problems for an integrated disciplinary teaching*. Springer.
- Couso, D., Mora, Ll., y Simarro, C. (2021). De las mates como instrumento a las mates como práctica: su papel en los proyectos STEM. *Uno: Revista de didáctica de las matemáticas*, (93), 8-14.
- Couso, D. y Sanmartí, N. (en prensa). Com es pot despertar el gust per l'aprenentatge de tot l'alumnat? Dins de Tarabini, A. *Els reptes de l'educació a Catalunya. Anuari 2022*. Fundació Jaume Bofill.
- Couso, D. y Simarro, C. (2020). STEM Education Through the Epistemological Lens: Unveiling the Challenge of STEM Transdisciplinarity. En Carla C. Johnson, Margaret J. Mohr-Schroeder, Tamara J. Moore, Lyn D English (Eds.), *Handbook of Research on STEM Education*. (pp. 17-28). Routledge.
- Díaz N., y Jiménez-Liso M. R. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 54-70.
- Domènech, J. y Lope, S. (2015). Les Jornades de controvèrsia sòcio-científica i recerca i innovació responsables ciències per a qüestionar i canviar el món. Pensar, comprendre, decidir. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (30), 29-31.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.47>
- Espinet, M. (2014). Perspectives sobre el context en educació científica: aproximacions teòriques i implicacions per a la pràctica educativa. Seminario de doctorado, Cerdanyola del Vallès. Accesible en: <https://ddd.uab.cat/record/132369>
- Fernández, J. (2022). *Educación en la complejidad*. Plataforma Editorial.
- García, N. (2020). El costat fosc de l'STEM i com combatre'l. Contribucions de la Digna Couso a l'escola d'estiu d'EduGlobalSTEM. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (40), 26-33.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.428>
- Garrido, A., y Couso, D. (2013). La competència d'ús de proves científiques: Quines dimensions es promouen a les activitats de l'aula de ciències. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (24), 42-47.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.102>
- Garriga, N; Pigrau, T., y Sanmartí, N. (2012). Cap a una pràctica de projectes orientats a la modelització. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, (21), 18-28.
<https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.125>
- Grimalt-Álvaro, C. y Couso, D. (2019). "No va amb mi" La influència del disseny d'activitats STEM sobre el posicionament de l'alumnat en aquest àmbit. *Universitat Tarraconensis. Revista de Ciències de l'Educació*. (2), 133-144.
- Grimalt-Álvaro, C., i Couso, D. (2022). ¿Qué sabemos del posicionamiento STEM del alumnado? Una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Investigación Educativa*, 40(2), 531-547.
<https://doi.org/10.6018/rie.467901>
- Grimalt-Álvaro, C., Couso, D., Boixadera-Planas, E., i Godec, S. (2022). "I see myself as a STEM person": Exploring high school students' self identification with STEM. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(5), 720-745.
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning: A Synthesis of 800+ Meta-Analyses on Achievement*. London: Routledge.
- Kelley, T. R., y Knowles, J. G. (2016). A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*, 3, 11.
<https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Laal, M., y Ghodsi, S. M. (2012). Benefits of collaborative learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 31, 486-490.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.091>
- López Simó, V., Couso, D., y Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62).
<https://doi.org/10.6018/red.410011>

- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. The National Academies Press.
<https://doi.org/10.17226/13165>
- Pérez Torres, M., Couso, D., y Márquez, C. (2020). ¿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), 1301-1321.
- Peracaula-Bosch, M., Estebanell-Minguell, M., Couso, D. y González-Martínez, J. (2020). «What do pre-service teachers know on computational thinking?». *Aloma: revista de psicologia, ciències de l'educació i de l'esport Blanquerna*. 38(1), 75-86.
<https://doi.org/10.51698/aloma.2020.38.1.75-86>
- Pozo, J.I. (2020). Aprender ciencias es reconstruir las ideas personales por medio del diálogo con otras personas y otros conocimientos. En Digna Couso, María Rut Jiménez Liso, Cintia Refojo Seronero, José Antonio Sacristán del Castillo: *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 14-23). Penguin House.
- Sanmartí, N. (2010). Avaluar per aprendre. L'avaluació per millorar els aprenentatges de l'alumnat en el marc del currículum per competències. Dept. d'Educació, Generalitat de Catalunya. Accesible en: http://xtec.gencat.cat/web/.content/alfresco/d/d/workspace/SpacesStore/0024/fc53024f-626e-423b-877a-932148c56075/avaluar_per_aprendre.pdf
- Sanmartí, N. y Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice*, 1(1), 3-16.
<https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020>
- Simarro, C., y Couso, D. (2018). Visiones en educación STEAM: y las mates, ¿qué? *UNO, Revista de Didáctica de las Matemáticas*, (81), 49-56.
- Simarro, C. y Couso, D. (2021). Engineering practices as a framework for STEM education: a proposal based on epistemic nuances. *International Journal of STEM Education* 8 (1), 1-12.
- Simarro, C. y Couso, D. (en prensa). Didáctica de la ingeniería: tres preguntas con visión de futuro. *Enseñanza de las ciencias*

NOTAS

[1] Página web del proyecto ATENCIÓ:

<https://projecteatencio.cat/>