

Artículo traducido del original: Couso, D.(2017) Per a què estem en STEM? Un intent de definir l'alfabetització STEM per a tothom i amb valors. *Revista Ciències 34*, pp. 22-30., con el permiso de la autora.

## ¿Por qué estamos en STEM? Un intento de definir la alfabetización STEM para todo el mundo y con valores.

Digna Couso ([digna.couso@uab.cat](mailto:digna.couso@uab.cat)) CRECIM. Universitat Autònoma de Barcelona

*La educación STEM es una propuesta emergente sobre la que se habla mucho últimamente. Entre los investigadores/as, docentes, educadores/as o diseñadores/as en educación STEM no hay, sin embargo, mucho consenso más allá de reconocer la necesidad de incidir en este ámbito de una forma innovadora. Así, se puede encontrar muchas maneras diferentes de entender qué debe ser y cómo debe hacerse la educación STEM. En este artículo reclamamos, sin embargo, que para empezar a hablar del qué y el cómo de la educación STEM primero deberíamos consensuar para qué o con qué objetivo nos embarcamos en esta demandante propuesta educativa. Para ello, planteamos un primer intento de definición de alfabetización STEM en la que las competencias específicas y transversales de alto nivel así como los valores toman protagonismo ante aspectos tecnológicos, estéticos o de interdisciplinariedad comunes en las actividades STEM habituales.*

**Palabras clave:** STEM, Práctica científica, Competencias transversales, Alfabetización, Equidad

*STEM education is an emergent approach with a lot of presence in the current educational arena. Further than the need to have an impact in the STEM education field in an innovative way, however, there is not enough agreement among STEM education researchers, teachers, educators and/or designers. As a consequence, there are a lot of different ways to conceive both what to do and how to do it in STEM education. Our standing point in this paper is to signal the need to agree on the purpose to enrol in the demanding STEM educational approach before discussing the what's and how's of STEM education. To do so, we start by sharing a first initial attempt to define STEM literacy for all, in which the specific and high-order transversal competences and values of STEM education are more emphasised than technological, aesthetic or interdisciplinary aspects which are, on the other hand, quite common in STEM education activities.*

**Keywords:** STEM, Scientific Practice, Transversal Competence, Literacy, Equity

### ¿SABEMOS POR QUÉ ESTAMOS A STEM?

El acrónimo STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, por sus siglas en inglés) [1] está cada vez más presente en la realidad educativa actual. El lanzamiento este año del Plan STEMCat en Cataluña es sólo una muestra local de la preocu-

pación internacional por el ámbito científico-tecnológico en su sentido más amplio. En Europa esta preocupación se puso de manifiesto con la publicación del informe "Europe needs more Scientists" al inicio del siglo XXI, mientras que en EEUU tiene una antigua tradición, iniciada en la era post-Sputnik con el acrónimo SMET y que hoy en día vive ha resurgido con fuerza. "Somos la generación STEM" (Zollman, 2012).

Tanto en los EEUU como aquí, la principal razón del interés gubernamental, empresarial y social para la educación STEM es la mejora de la cantidad, y más recientemente también de la calidad y diversidad, los profesionales STEM, que se considera imprescindible para garantizar el progreso económico y social deseable. Así, en la diversidad de programas, informes y propuestas vinculadas al movimiento STEM se pueden encontrar preocupaciones análogas, que Zollman resume en: problemas para garantizar la oferta de profesionales STEM, problemas para garantizar conocimiento e innovación de todos los trabajadores del futuro en un mundo tecnificado y lo que las escuelas (y también otros agentes educativos no formales) "deben hacer" para solucionar estos dos problemas. En segundo término queda, en estos documentos y programas, la necesidad de alfabetización ciudadana en el ámbito científico-tecnológico.

Desde nuestra perspectiva de investigadores, formadores y docentes en educación científico-tecnológica y matemática con una postura crítica, el interés por la educación STEM se centra precisamente en promover la alfabetización en el ámbito STEM para todo el alumnado como un valor personal en sí mismo. Como futuros ciudadanos de una sociedad democrática y enfrentada a grandes retos (p.ej. los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU), donde la ciencia y la tecnología tienen un papel protagónico tanto del lado de las causas como del de las soluciones, necesitamos que todo el alumnado desarrolle una mínima competencia en el ámbito científico-tecnológico para tener algo que decir. Y esto de forma totalmente independientemente de si formarán parte del mundo profesional STEM del futuro o si serán profesionales de cualquier otra cosa donde la ciencia y la tecnología tengan un papel destacado. Primero, porque de hecho no sabemos cómo será el mundo del futuro, y tenemos hoy en día ya sobre la mesa propuestas como la del decrecimiento controlado que auguran e imaginan un futuro muy diferente del actual. Segundo, para que sea como sea el mundo del futuro, tenemos claro que un irrenunciable del mismo es la voluntad democrática de decidirlo entre todos, y eso incluye las decisiones en el ámbito STEM desde una perspectiva RRI o de Investigación e Innovación socialmente Responsables. Por lo tanto, la importancia de estar alfabetizados en el ámbito STEM tiene más que ver con la capacitación y empoderamiento que permita la utilización y participación activa, responsable y crítica, con conocimiento STEM, en el mundo que queramos construir que a la preparación para contribuir a crear un mundo particular donde la ciencia y la tecnología tenga un papel preponderante.

Este objetivo, sin embargo, no lo consideramos contrapuesto al objetivo de conseguir más, mejores

o, desde una perspectiva de equidad y género que nos parece especialmente adecuado, *otros* profesionales en el ámbito STEM. El motivo es que la educación para alfabetizar en STEM puede, explícita o implícitamente, desde limitar hasta promocionar las aspiraciones profesionales en este ámbito. Hoy en día, la falta de aspiraciones profesionales en STEM por parte de un tipo de alumnado es una realidad. En nuestro contexto, como en todo, el género y el nivel socio-económico se relacionan con percepción de baja capacidad en STEM y conflictos de identificación con los profesionales de este ámbito (EVE-RIS 2012). Como consecuencia, nuestras alumnas y también aquel alumnado de nivel socio-económico bajo tienen bajas aspiraciones por el mundo profesional STEM, en particular en ciertas ramas del mismo. Y tienen estas aspiraciones bajas por las razones equivocadas: que no creen que valgan y que no se ven. La alfabetización en el ámbito STEM con perspectiva de género y equidad debería posibilitar un empoderamiento y superación de estereotipos que permita estas aspiraciones sin necesariamente promocionarlas. Se trata de que todos nuestros alumnos sean ciudadanos alfabetizados en STEM y puedan ser, si así lo desean, profesionales apoderados en este ámbito o de otros relacionados. Conseguirlo sería una situación ventajosa para todos, ya que no sólo garantizaría un acceso al mundo profesional STEM más justo, sino sobre todo una ciudadanía más apoderada e implicada así como unos profesionales STEM más diversos que reportarían beneficios sociales y económicos.

Para decidir qué educación STEM es la más adecuada para lograrlo, sin embargo, es necesario primero aclarar cuál es esta alfabetización o competencia ciudadana en el ámbito STEM que posibilita aspiraciones profesionales en el mismo para todos y todas las alumnas. Es decir, hay que operativizar y definir esta competencia de forma que permita la toma de decisiones a la hora de juzgar la oportunidad y calidad de las propuestas de educación STEM disponibles. La gran variedad de programas, entidades, actividades y proyectos STEM que se pueden encontrar en la red y también en nuestro entorno hace pensar que tal vez no todas estas propuestas, profesionales y entidades persiguen los mismos objetivos ni tienen la misma idea de lo que significa estar alfabetizado en este ámbito. Y, de hecho, los pocos intentos de definición no han conseguido un mínimo acuerdo para concretar qué es la alfabetización STEM.

La literatura educativa tampoco ofrece mucho ayuda, más allá de reconocer que STEM ha convertido en una palabra de moda vacía de significado ("buzz word") debido a su polisemia. En general, se encuentran muchos más artículos centrados en discutir qué es o no educación STEM, y cómo se debe llevar a cabo, que no cuál debería ser el resultado

en las capacidades y conocimientos de los alumnos con esta propuesta educativa. Y en los pocos documentos y artículos dedicados a hablar de alfabetización STEM, la señora de las definiciones se realizan desde una visión que tiene en cuenta las necesidades sociales y económicas, pero que "pasan por alto las necesidades personales" (Zollman 2012). Es decir, parece que no tenemos claro qué queremos conseguir, en términos de competencia ciudadana, al optar por la educación STEM.

En este artículo queremos hacer un primer intento, a partir de lo que ya sabemos sobre todo de educación científica, pero también matemática y tecnológica, de definición de competencia y alfabetización STEM para todos. Al hacerlo, queremos discutir las implicaciones de esta elección, diferenciando los irrenunciables (lo que no deberíamos perder) de otros aspectos que pueden variar según qué otros sub-objetivos educativos más allá de la alfabetización se persigan. Al hacerlo creemos que contribuimos a la importante discusión existente sobre qué es y cómo debe ser la educación STEM, desde el posicionamiento que para aportar en esta discusión tenemos que acordar primero para que la queremos, la educación STEM.

## **COMPETENCIA O ALFABETIZACIÓN STEM: ¿DE QUÉ ESTARÍAMOS HABLANDO?**

Aunque no hay muchas definiciones académicas de alfabetización STEM, se puede encontrar entre las propuestas, entidades y programas de promoción de la educación STEM, tanto a nivel formal como informal, diferentes referencias a este concepto. En general, las referencias a la alfabetización STEM destacan dos aspectos clave: el hecho de que se utilizan conceptos de las disciplinas implicadas (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas) y el hecho de que esto se hace para comprender y solucionar problemas (Zollman 2012). O dicho de otra forma, las definiciones existentes de alfabetización STEM muestran la voluntad competencial de poner el conocimiento de cada una de las familias de disciplinas incluidas en STEM en uso. Esta orientación es coherente con las definiciones existentes de alfabetización o competencia para cada una de las áreas disciplinarias de STEM. Por ejemplo, en nuestro currículo actual o en el marco evaluativo de PISA la competencia científico-tecnológica se redacta en términos similares.

A esta definición básica algunos autores añaden dos rasgos que parecen diferenciales de las propuestas STEM: la integración de conceptos de las diferentes disciplinas involucradas en STEM y el fomento de la innovación o creatividad. Un ejemplo es la definición de Balka: "*la alfabetización STEM es la habilidad de identificar, aplicar e integrar conceptos*

*de la ciencia, la tecnología y las matemáticas para comprender problemas complejos y para innovar en su solución"* (Balka, 2011, p. 7). En esta definición se da importancia a ser capaz de integrar los conceptos o ideas propias de las familias disciplinarias de STEM para ponerlos en un uso en particular que implica el dominio de competencias transversales del siglo XXI: resolver problemas y hacerlo de forma creativa. Esto implica dar un valor añadido a la propuesta STEM respecto propuestas competenciales particulares de cada rama disciplinaria en añadir necesariamente las competencias transversales a las disciplinarias.

En la definición que queremos aportar de alfabetización STEM creíamos que todos estos rasgos son irrenunciables: la visión competencial (el hecho de aspirar a ser capaz de poner conocimiento en uso), el hecho de trabajar conocimientos de las disciplinas implicadas de forma más o menos integrada y sobre todo el hecho de incorporar de forma explícita las competencias transversales más importantes, como las competencias del siglo XXI. Echamos de menos, sin embargo, otros aspectos que creíamos que conviene incorporar en una definición más completa de alfabetización STEM. Estos son, en particular: 1) Una visión de los conocimientos o contenidos disciplinarios que haga referencia explícita a los conocimientos tanto de cómo *sobre* las disciplinas, destacando la importancia de los conocimientos o contenidos no conceptuales; 2) Una inclusión de las competencias transversales que incluya también otras competencias del siglo XXI muy relevantes, como el pensamiento crítico, la competencia de trabajar en equipo y la de comunicar, así como la visión metacognitiva de aprender a aprender y 3) Una referencia explícita a los valores, tanto como contenidos a dominar por los alumnos como perspectiva educativa para enseñar y aprenderlos. Asimismo, queremos que nuestra definición haga una aportación explícita a aclarar dos aspectos que se suelen vincular erróneamente a calidad en educación STEM, y que son el grado de interdisciplinariedad y el hecho de utilizar tecnologías punteras, generalmente creativas o programables. Con todo ello, nuestra propuesta concreta de un primer intento de definición de alfabetización STEM que incluya estas ideas sería:

Estar alfabetizado en STEM es ser capaz de identificar y aplicar, tanto los conocimientos clave como las formas de hacer, pensar, hablar y sentir de la ciencia, la ingeniería y la matemática, de forma más o menos integrada, para comprender, decidir y/o actuar ante problemas complejos y para construir soluciones creativas e innovadoras, aprovechando las sinergias personales y las tecnologías

disponibles, y de forma crítica, reflexiva y con valores

Dentro de esta propuesta de definición de alfabetización STEM incorpora una visión concreta de los contenidos o competencias específicas, competencias transversales así como los valores que consideramos necesarios de trabajar en educación STEM para garantizar la alfabetización. A continuación discutimos cada uno de estos aspectos, con la voluntad de aclarar un poco más para que, creemos que deberemos estar en STEM.

## **¿Qué contenidos? Ideas clave y prácticas STEM**

En el marco de la educación STEM hay profundas discusiones sobre qué familias disciplinarias hace referencia y qué disciplinas en concreto se incluyen en cada una. Esta discusión engloba desde qué disciplinas concretas de la ciencia o de la ingeniería incluyen (por ejemplo, si la astronomía o la paleontología se consideran STEM); si se incluyen otras ramas relacionadas (por ejemplo, si consideramos incluidas las ciencias medioambientales, la medicina o la farmacia) o incluso si se tienen en cuenta áreas que en nuestro entorno se consideran de ciencias sociales, tales como la geografía, la economía o la psicología, entre otros. Cuando la perspectiva educativa que se elige es STEAM, añadiendo una A de artes (Artes), humanidades (Liberal Arts) o incluso de todas las disciplinas (All, por sus siglas en inglés), se aumenta aún más la complejidad del problema de establecer una frontera disciplinar que delimite el ámbito STEM. De hecho, qué se considera STEM depende de qué se considera ciencia, ingeniería o matemáticas escolares en cada contexto cultural y curricular. En algunos contextos se han propuesto acrónimos alternativos, tales como STREAM, que incluyen disciplinas tan alejadas del ámbito científico-tecnológico como la religión!

Independientemente de cuáles sean las disciplinas que se consideren incluidas en STEM en cada contexto, seleccionar bien cuáles deben ser los contenidos propios de las mismas que se han de trabajar en la educación STEM resulta imprescindible. Como hemos visto, sin embargo, en las definiciones de alfabetización STEM a menudo se hace referencia a los contenidos de forma ambigua (conocimientos) o bien haciendo referencia únicamente a los contenidos conceptuales (conceptos). El análisis de las actividades que se encuentra normalmente con la etiqueta STEM, sin embargo, muestra un interesante contraste con estas definiciones, ya que en general se incluyen actividades muy manipulativas,

de carácter observacional, indagativo o de construcción, donde los contenidos de naturaleza más procedimental o técnica tienen un claro predominio y no parece trabajarse ningún contenido conceptual en profundidad. ¿Cuáles son, pues, los contenidos necesarios para estar alfabetizado en STEM?

Hoy en día consideramos que no hay suficiente con los contenidos conceptuales ni tampoco con la inclusión de los procedimentales para poder decir que estamos alfabetizados en un área disciplinar. Primero, porque la alfabetización requiere no tanto un dominio de contenidos conceptuales de una disciplina como un dominio de ciertos contenidos en concreto de aquella disciplina, que son aquellas ideas clave que definen su forma de mirar el mundo y que tienen más potencial de comprensión y actuación en nuestro entorno (Couso, 2015, Harlen, 2010; NRC, 2012). En segundo lugar, porque el conocimiento de una disciplina debe ser epistémico, es decir, incluir no sólo lo que hemos conseguido saber sino también como lo sabemos y porque nos lo parecía (Garrido & Simarro, 2014; Grandy & Duschl, 2007; Osborne, 2014). Por ejemplo, en ciencias, resulta tan importante conocer un producto importante de la ciencia como es la teoría de la evolución, como de qué forma se genera conocimiento para llegar a proponer una teoría y porque se sustenta la misma. Así, tanto las prácticas de las disciplinas (las formas de hacer, hablar y razonar) como sus sistemas de valores (lo que valoran y promueven) son una parte indisoluble del conocimiento de las mismas: de hecho son aquellos conocimientos que les dan sentido porque permiten diferenciarlas y elegir cuál es más relevante para cada situación o problema en concreto.

Esta forma de entender los contenidos disciplinarios no como una lista de conceptos o técnicas, sino como una forma de hacer, pensar, hablar, sentir y valorar propias de una comunidad de práctica concreta (por ejemplo la científica) es la base de la nueva reforma curricular en los EEUU, donde el currículo se organiza en ideas clave, prácticas socio-discursivas y nociones meta-disciplinarias propias de cada ámbito disciplinar (NSF 2012). La idea es desplazar el foco de la educación científica e ingenieril de los productos de la ciencia y la tecnología (todo lo que sabemos, por ejemplo hechos, nomenclatura, leyes, ...) hasta que es lo más importante que sabemos (las ideas clave) y como lo sabemos y porque nos parecía (las prácticas epistémicas) (NRC, 2007). En ciencias estas prácticas incluyen la elaboración de preguntas investigables o la elaboración de conclusiones en base a pruebas. En nuestro contexto, la propuesta de la Actividad Científica Escolar de Izquierdo y seguidores hace más de dos décadas que promulga las mismas ideas (Izquierdo,

Espinet, García, Pujol, & Sanmartí, 1999), fomentando propuestas curriculares contextualizadas y competenciales donde los alumnos trabajan modelos clave de las ciencias (las ideas más importantes que ha generado la ciencia) involucrando en las prácticas de indagar, argumentar y sobre todo modelizar (ver Proyecto Competencia Científica 12-15). Referencias similares para la ingeniería o las matemáticas pueden encontrarse en diferentes currículos e informes en todas partes, donde se destaca que lo crucial en estas disciplinas no es un concepto concreto como el de engranaje o una técnica concreta como sumar fracciones, sino las prácticas propias de estas disciplinas: por ejemplo optimizar, pensar sistémicamente o visualizar en el caso de la ingeniería o razonar abstractamente y buscar patrones en el de la matemática. Aunque no disponemos hoy en día de un listado consensuado de estas prácticas para el ámbito STEM que se pueda utilizar directamente, la idea de ir más allá de los contenidos conceptuales e involucrar a los epistémicos consideramos que es irrenunciable y que debería 'añadirse explícitamente en una definición de alfabetización STEM.

Por otro lado, y respecto a la capacidad de integración o interdisciplinariedad que se debe esperar o no en alfabetización STEM, la propuesta de entender STEM como un ámbito en el que desarrollar las formas de razonar, hacer, hablar, sentir y valorar del ámbito científico-tecnológico ayuda a posicionarse en una postura de integración nada radical. Si bien un cierto grado de integración es deseable y se puede conseguir, las prácticas de la ciencia, la ingeniería y la matemática son diferentes ontológicamente y epistemológica, y como consecuencia difícilmente se podrán trabajar todas a la vez en profundidad. De hecho, a veces es imposible hacerlo porque lo que es un valor en un ámbito puede ser un antivalor en el otro. Por ejemplo, idealizar a ciencias vs realizar ingeniería, o demostrar a matemáticas vs comprobar hipótesis en ciencias. En este sentido, estar alfabetizado en STEM no debería entenderse tanto como ser capaz de participar en las prácticas de la ciencia, la ingeniería y la matemática a la vez, sino como saber navegar entre ellas con comodidad, siendo capaz de participar con sentido y de decidir qué se debe priorizar en cada momento para resolver un problema real. Por ejemplo, reconocer que, para saber que un barco cualquiera flota, necesitamos profundizar en la práctica científica de modelizar la flotación, pero que para construir un barco en concreto o testear qué flotan mejor lo más adecuado será seguir las fases del proceso tecnológico (práctica ingenieril). Y reconocer que, al hacerlo, puedo estar aplicando conceptos científicos, tecnológicos o matemáticos adecuados (y de ahí el

cierto grado de integración) pero que la práctica, es decir el discurso y forma de hacer y mirar que desarrollo, será generalmente de una de estas ramas disciplinarias en cada momento.

### **¿Qué competencias transversales? Aquellas no tan transversales**

En las propuestas de definición de competencia STEM, como hemos visto, se incluyen de forma explícita algunas competencias transversales, como la resolución de problemas y la creatividad. Estas, sin embargo, no son todas las competencias transversales que la literatura ha señalado como importantes en el momento actual. Necesitamos analizar, por tanto, las diferentes propuestas de competencias transversales para decidir cuáles son clave para complementar las competencias disciplinarias al ámbito STEM. Además, algunas de estas competencias transversales en realidad coinciden con competencias disciplinarias de STEM que tienen significados diferentes para las diferentes disciplinas de STEM. En este sentido, hay que discutir el papel de las competencias transversales en una alfabetización STEM.

Desde el inicio del movimiento educativo competencial han propuesto diferentes conjuntos de competencias básicas para la ciudadanía, diferenciando entre disciplinarias o asociadas a ámbitos de conocimiento específicos de las que tienen un carácter transversal. Estas competencias transversales se inspiran en gran medida en las HOTS o habilidades de pensamiento de orden superior, definidas como los niveles más avanzados de pensamiento en los que nos podemos involucrar. Por ejemplo, en las reformulaciones actuales de la conocida taxonomía de Bloom serían el pensamiento crítico, la capacidad de análisis y la evaluación. Además, en los últimos años, otras habilidades y disposiciones de carácter horizontal han sido también reivindicadas social y sobre todo empresarialmente, extendiéndose el uso del término "soft skills" para aglutinar aquellas habilidades interpersonales o sociales que, aunque no parecer cognitivamente demandantes, resultan imprescindibles para el buen desarrollo personal, social y laboral de la persona y no siempre se desarrollan adecuadamente. En son ejemplos el trabajo en equipo o la capacidad de comunicación.

Las formulaciones recientes de las competencias transversales engloben estas nociones clásicas de HOTS i *soft skills*, i añaden otros aspectos para tener en cuenta las demandas de la dinámica, global y profundamente digital sociedad actual. En este sentido, las competencias del siglo XXI se proponen como un "kit de supervivencia" de competencias

transversales que los ciudadanos deben dominar para sobrevivir en el siglo que les ha tocado vivir. Estas habilidades incluyen el mencionado pensamiento crítico y la resolución de problemas, pero también la colaboración y el liderazgo, la agilidad y adaptabilidad, la iniciativa, la capacidad de comunicación efectiva, el acceso y análisis de la información y la curiosidad e imaginación (Wagner 2003). Posteriores clasificaciones y reformulaciones de estas competencias del siglo XXI, en particular la conocida propuesta de la Asociación P21, han incorporado explícitamente la alfabetización digital y mediática, y separado las habilidades para la vida personal y laboral de las destrezas para aprender e innovar. Estas últimas, conocidas como las 4Cs por sus siglas en inglés, incluyen los mencionados pensamiento crítico y resolución de problemas, comunicación, trabajo en equipo y creatividad. Estas cuatro competencias transversales del siglo XXI son las más citadas en las propuestas STEM.

Independientemente de si sólo se tienen que considerar las 4Cs como competencias transversales necesarias para la alfabetización STEM o bien si hay que añadir alguna otra competencia o habilidad transversal más, lo que ha generado más controversia en la literatura tanto de STEM como en general ha sido la consideración o no de las mismas como objetivo de aprendizaje *per se*. Es decir, si estas competencias transversales se pueden aprender fuera de las disciplinas y transferirse directamente de un dominio a otro. La literatura cognitiva parece indicar que conocimiento y destrezas son interdependientes, y que una base de conocimiento disciplinario es imprescindible para desarrollar importantes competencias transversales (NRC, 2007). En resolución de problemas, por ejemplo, un meta-análisis de 40 experimentos investigando formas de enseñar resolución de problemas científicos encontró que las estrategias más efectivas fueron aquellas en las que se trabajaba el conocimiento implicado (por ejemplo incluyendo actividades como mapas conceptuales) por delante de otras enfocadas exclusivamente en estrategias generales de resolución de problemas (Tacon et al, 2001). Lo mismo ocurre con el pensamiento crítico, que se considera fuertemente dependiente del conocimiento del tema que se trate y que, a pesar de mejorar con la práctica, no es una habilidad que se pueda aprender y, una vez aprendida, aplicar en cualquier otra situación (Willingham, 2008). Y de igual forma sucede con la creatividad, aunque este tema es más controvertido (Plucker, 1998). De hecho, es fácil reconocer que no es lo mismo ser crítico en ciencias que en ingeniería, ni resolver problemas tecnológicos que matemáticos, ni ser creativo en ciencias que en artes. A pesar

de que todas las disciplinas STEM incluyen la argumentación entre sus competencias, que cuenta como evidencia y las reglas de una buena argumentación dependen profundamente del ámbito disciplinario (NRC 2012).

Esta dependencia del dominio de contenido de buena parte de las competencias del siglo XXI (en particular las destrezas para aprender e innovar) debería llevarnos a pensar que, a pesar del nombre, no son competencias transversales en el sentido de universales: 1) no tienen una definición y forma de entenderse totalmente independiente del contexto de uso ni de la mirada disciplinaria y 2) no se pueden desarrollar por completo sin el aprendizaje de contenidos (ideas clave y prácticas) de cada ámbito. De hecho, una forma interesante de afrontar esta necesidad de nuevas competencias adecuadas para el siglo XXI es no entenderlas como competencias transversales a desarrollar en todas o incluso "en parte" de las disciplinas. Más bien son parte de los objetivos de aprendizaje disciplinarios, que se han extendido más allá de su enfoque tradicional y pasan a ser contenidos más sofisticados y de más alta demanda cognitiva, discursiva y social.

Desde esta perspectiva que compartimos desarrollar las competencias del siglo XXI implica, de hecho, aumentar la demanda competencial de cada disciplina. Esto tiene importantes implicaciones en el aula. Estamos de acuerdo con el informe de Pellegrino y colegas en que el rango de competencias del siglo XXI deben desarrollarse dentro de las disciplinas, y que esto requiere dedicar tiempo de enseñanza y aprendizaje adicionales y una importante variedad de recursos metodológicos y didácticos (Pellegrino, Hilton, & Learning, 2012). O dicho de otra forma: no necesitamos poner el foco en enseñar creatividad, resolución de problemas o metacognición además, en el contexto de o incluso en lugar de enseñar ciencias e ingeniería. Tenemos que conseguir enseñar ciencia e ingeniería desarrollando la creatividad, la resolución de problemas, el pensamiento crítico, la comunicación y la metacognición, entre otros.

Los dos puntos anteriores proponen considerar las prácticas y las competencias transversales como contenidos propios de las disciplinas STEM. Esta recomendación, aun refiriéndose a qué enseñar, determina en parte cómo hacerlo. Como hemos defendido en otros lugares, de hecho, el qué y el cómo enseñar no son tan independientes como parece (Couso 2014). Por ejemplo, no se puede aprender a argumentar o indagar sin participar activamente en argumentaciones y pesquisas. Además, los dos tipos de contenidos son compatibles y favorecen un

trabajo conjunto. Si conseguimos que los alumnos se involucren en las prácticas de la ciencia y la ingeniería escolar, que son prácticas análogas a las de la ciencia y la ingeniería reales, entonces será más fácil desarrollar estas competencias del siglo XXI que necesariamente forman parte de la forma de hacer de científicos e ingenieros "expertos". Por ejemplo, si en el tema de la germinación y crecimiento de las plantas los alumnos desarrollan preguntas investigables; diseñan y llevan a cabo sus experimentos y aprendiendo a comunicar en un cierto formato sus resultados, esto les sirve, a la vez: 1) para desarrollar su creatividad científica y capacidad comunicativa en ciencias; 2) su conocimiento competencial de ciencia (aplicar y avanzar en lo que saben de plantas, de germinación, etc.) y 3) su conocimiento competencial sobre ciencia (aplicar y avanzar en lo que saben sobre qué es indagar, como indagamos, cuando es válida una indagación...). Si lo hacen el en contexto de crear un jardín vertical que dé la bienvenida a su escuela, también trabajarán su creatividad artística en la fase de diseño e incluso el proceso tecnológico si siguen explícita y reflexivamente estos pasos para resolver la tarea....

### **¿Qué valores? Equidad y sostenibilidad en el qué, el cómo y el porqué**

Desarrollar ideas clave y prácticas STEM en el aula, y hacerlo desarrollando al mismo tiempo competencias del siglo XXI, se puede hacer por motivos muy diferentes. Al inicio comentábamos que el movimiento STEM ha sido iniciado y continúa liderado desde la perspectiva de conseguir mejores profesionales STEM, y por tanto, desde una motivación socioeconómica. También existe, sin embargo, la motivación democrática y ética para la educación STEM que hemos presentado y argumentado en este artículo, relacionada con el deseo de apoderamiento de la ciudadanía en temas científico-tecnológicos en un contexto de participación ciudadana en la investigación científica (RRI). Elegir cuáles de estos objetivos son el centro de cada propuesta educativa STEM no está exento, obviamente, de valores.

Los valores a STEM, sin embargo, no se encuentran sólo en la motivación detrás del apoyo para esta propuesta educativa. Dentro de la enorme diversidad de actividades y programas diferentes que encontramos en STEM, las diferentes tipologías, formas de organización, recursos que se utilicen, público objetivo, etc. comunican en sí mismos unos valores y enfatizan el trabajo en otros valores. Por ejemplo, asociar STEM (o incluso pensar que sólo podemos hacer STEM) utilizando tecnologías creativas de un elevado coste (como impresoras en 3D, robots comerciales o kits sofisticados para diseñar

sensores, etc.) hace que las actividades STEM lleguen más a un cierto alumnado. Si asociamos STEM a actividades extra-escolares no abiertas a todo el mundo pasa lo mismo. Un programa STEM que engloba actividades con materiales reciclados o caseros, tecnologías programables de muy bajo costo, que se hace compartiendo recursos con otras entidades (ateneos de fabricación o *maker spaces* públicos), que se hace en el aula integrando todo el alumnado, que se preocupa del impacto medioambiental que genera, se orienta a solucionar problemáticas locales con impacto social y/o que se hace de forma extraescolar en programas sociales, etc. comunica y hace desarrollar unos valores muy diferentes. Son ejemplos que ya existen hoy en día los espacios tinkering a escuelas públicas, fabricar juguetes con desechos, participar en proyectos de ciencia ciudadana para investigar problemáticas locales (como la contaminación en el barrio) o globales (como mejorar la biodiversidad o ayudar en detección de enfermedades), programar juegos sobre el consumo desproporcionado o como protegerse de los abusos infantiles, desarrollar clubes de programación en contextos socialmente vulnerables, construir instrumentos musicales para tocar música de diferentes culturas, teatralizar el papel histórico de las mujeres en la ciencia, incorporar otros matemáticas o ciencias en contextos multiculturales, hacer divulgación científica en los barrios y por otros públicos a los que no suele llegar, etc. A pesar de las críticas que en parte comparto respecto ciertas propuestas STEM que promueven el consumo irresponsable, la tecnocracia y el elitismo hay todo un abanico de actividades y programas STEM que enfatizan los valores contrarios: producir como forma de reutilizar y reducir; ciencia y tecnología ética con y para la sociedad y valoración de la contribución creativa de todos. Estos valores, sin embargo, se deben hacer explícitos para cambiar la conciencia colectiva sobre qué es y qué puede ser la educación STEM. Desde mi perspectiva, los valores de la equidad y la sostenibilidad deberían ser irrenunciables.

Respecto la equidad, hemos publicado en otros lugares que el *posicionamiento* STEM de nuestro alumnado (como se ven en este ámbito, qué papel creen que pueden tener ellos a STEM y qué papel dan al STEM en sus vidas) depende de muchas variables (ver proyecto STEAM4U [2]). Las más importantes son la identidad respecto la identidad asociada a los interesados o trabajando en STEM, las aspiraciones profesionales en este ámbito, la capacidad que tenemos y la percepción de auto-capacidad, es decir, como de "buenos/buenas" creemos que estamos en STEM. Todas estas variables se desarrollan en contexto, con una influencia importante de la sociedad en general, y la familia y la escuela en particular.

En nuestro contexto identidad e imagen de las profesiones STEM reproducen los patrones identificados internacionalmente desde los 70: las profesiones STEM se siguen asociando a hombres, blancos, de clase media/alta y excepcionalmente brillantes. También a personalidades *geek*: infantiles, obsesivas, retraídas o asociales y profundamente vocacionales. Reconciliar la propia identidad de, por ejemplo, niña femenina o niño magrebí con la imagen socialmente compartida de STEM no es fácil. Además, cuando STEM no es familiar (cuando no se reconocen en el entorno cercano personas que disfruten, vivan o valoren el ámbito STEM) las aspiraciones STEM son muy bajas, por lo que la motivación hacia este ámbito vivido como ajeno aún se reduce más. Por último, y más importante, nuestro alumnado tiene un importante problema de percepción de autoeficacia, con más del 45% global (y por encima del 55% en chicas y alumnado de nivel socio-económico bajo) convencido de que serían incapaces de seguir exitosamente estudios STEM (EVERIS 2012). Esto se debe a la acumulación de experiencias negativas (sacar malas o simplemente peores notas a STEM que a otras disciplinas), la valoración de sus capacidades por parte de sus referentes adultos, tanto padres como docentes u orientadores/as ("no se te da bien..."), así como la imagen de dificultad excesiva asociada a este ámbito. Trabajar en la dirección de normalizar la imagen de los profesionales y personas interesadas en STEM, ampliar el abanico de profesiones y personas que se asocian (comunicador/a científico/a, docente, técnico/a, emprendedor/a, artista, traductor/a o historiador/a STEM), hacer STEM más familiar (acercar STEM en los barrios, las familias, etc.) y por encima de todo, conseguir que niños y niñas tengan experiencias de éxito en este ámbito serían algunas de las estrategias a utilizar para introducir una perspectiva de equidad y género. La didáctica de las ciencias y las matemáticas hace años que investiga desde una perspectiva multicultural sobre qué educación científica y matemática resulta más inclusiva. Será importante tener en cuenta sus resultados de forma explícita si se quiere hacer educación STEM con los valores adecuados. Suponer que las actividades STEM, simplemente por innovadoras, manipulativas o coloreadas, ya tienen una perspectiva de equidad y género es demasiado simplista.

Respecto la sostenibilidad, el campo de la educación ambiental y para la sostenibilidad también ha trabajado desde hace muchos años las diferentes formas de introducir esta perspectiva en todas las actividades, promoviendo la concienciación, la actuación responsable e incluso el activismo. Proyectos STEM de agroecología (por ejemplo domotizando los huertos escolares o construyendo recipientes para eco-huertos urbanos), de reducción del consumo energético (por ejemplo realizando audito-

rias energéticas y campañas activas en las escuelas), de protección de la biodiversidad local (realizando salidas de campo vinculadas a organizaciones de protección de especies, etc.) son actividades que en nuestro contexto se han ido desarrollando en varias escuelas, generalmente vinculadas al movimiento de escuelas verdes ya la Agenda XXI, y que no deberían considerarse fuera de STEM. Al contrario, introducir la perspectiva STEM en estas actividades las puede enriquecer de forma importante. Asimismo, introducir la perspectiva ambiental en el ámbito STEM es especialmente importante para que este ámbito no se convierta en lo que sus críticos y detractores auguran. De hecho, una educación STEM sin perspectiva ambiental contribuiría a los problemas y retos a los que nos enfrentamos, por ejemplo aquellos detrás de los Objetivos de Desarrollo Sostenible o ODS como desperdicio de recursos y energía o generación de contaminación, en lugar de aportar a las soluciones.

## **LA ALFABETIZACIÓN STEM COMO VERITABLE OBJETIVO**

Aunque una definición nunca captura toda la riqueza ideológica detrás de la misma, ni tampoco los importantes matices que los expertos del ámbito acostumbra a dar, creemos que este primer intento de definición de competencia STEM puede resultar de utilidad a formadores/as, docentes, educadores/as no formales y diseñadores/as de educación STEM. De hecho, debería servir para empezar a valorar y juzgar la ocasión de las diferentes actividades, propuestas y programas STEM disponibles hoy en día. A nosotros nos sirve para poner en cuarentena las actividades de STEM donde los alumnos sólo manipulan objetos del ámbito científico-tecnológico con un enfoque meramente estético, por ejemplo, dibujando un cuadro con polígonos o haciendo un arco iris con pigmentos. En estas "bonitas" actividades STE(A)M generalmente no se adquiere competencia en el uso de los constructos STEM que hay detrás de los objetos utilizados (polígonos, concentración o capilaridad), ni en ninguna práctica STEM como observar, analizar u optimizar. Y probablemente tampoco en competencias artísticas. También nos sirve para mostrar reservas respecto aquellas actividades típicamente asociadas a STEM donde no quedan claros los valores que queremos transmitir ni una perspectiva de equidad, como montar un robot comercial sin ningún otro propósito que el reto de ensamblarlo.

La definición que ofrecemos no soluciona, sin embargo, todas las dudas que puedan aparecer sobre la educación STEM. Continuaremos discutiendo sobre si una actividad es un buen ejemplo de educación STEM o no, o cómo hacerla para que lo sea. En esta discusión, sin embargo, es importante que



nos fijemos no en lo que nos gusta de la actividad, sino en lo que promueve y permite desarrollar en los alumnos. Es decir, si haciendo esta actividad nuestro alumnado está aprendiendo a navegar con agilidad y autonomía en el ámbito científico-tecnológico, que es nuestro objetivo final. Creemos firmemente, sin embargo, que explicitar y consensuar el objetivo último de para qué estamos en STEM (qué alfabetización es a la que llamamos alfabetización STEM) es un buen inicio de la conversación seria, explícita e inapelable que, en educación, debemos tener respecto del ámbito STEM (y que, de hecho, estamos teniendo en los pasillos). Este artículo simplemente quiere hacer un primer paso en este camino, no con la voluntad de que nos enredamos en discusiones sobre versiones de definiciones, sino con el fin de que nos enredemos en aclarar el objetivo final de nuestros esfuerzos en educación STEM.

## Agradecimientos

Este artículo incluye una definición de alfabetización STEM que la autora ha presentado en varias charlas y seminarios a lo largo del 2017 y 2018, y particularmente en el programa de formación STEM del Plan STEMCat del Gobierno de Cataluña. En cada presentación, la definición se ha ido modificando y enriqueciendo, fruto de las conversaciones con muchos profesionales del ámbito. Quiero agradecer a todas las personas que han aportado, con su invitación, comentarios, ejemplos y/o preguntas. En particular quiero agradecer a Ana Albalat, Jordi Domènech, Victor López y especialmente Cristina Simarro las conversaciones sobre educación STEM que tanto me han influenciado.

## Bibliografía

- COUSO, D. (2015). La clau de tot plegat: la importància de "què" ensenyar a l'aula de ciències. *Ciències*.
- EVERIS (2012) *Factores influyentes en la elección de estudios científicos, tecnológicos y matemáticos*. Disponible a: [goo.gl/TBBKPj](http://goo.gl/TBBKPj)
- GARRIDO, A., & SIMARRO, C. (2014). El nou marc d'avaluació de la competència científica PISA 2015: Revisió i reflexions didàctiques. *Ciències*, 28, 21–26.
- GRANDY, R., & DUSCHL, R. A. (2007). Reconsidering the Character and Role of Inquiry in School Science: Analysis of a Conference. *Science & Education*, 16(2), 141–166.
- HARLEN, W. (2010). *Principles and big ideas of science education*. Gosport, Hants, UK.
- IZQUIERDO, M., ESPINET, M., GARCÍA, M. P., PUJOL, R. M., & SANMARTÍ, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de Las Ciencias*.
- NRC. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Board on Science Education, Center for Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- NRC. (2012). *A framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts and Core Ideas*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- OSBORNE, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196.
- PELLEGRINO, J. W., HILTON, M. L., & LEARNING, D. (2012). *Education for Life and Work*. <https://doi.org/10.17226/13398>
- PLUCKER, J. A. (1998). Beware of Simple Conclusions: The Case for Content Generality of Creativity. *Creativity Research Journal*, 11(2), 179–182. [https://doi.org/10.1207/s15326934crj1102\\_8](https://doi.org/10.1207/s15326934crj1102_8)
- TACONIS, R., FERGUSON-HESSLER, M.G.M. & BROEKKAMP, H., (2001). "Teaching science problem solving: An overview of experimental work," *Journal of Research in Science Teaching*, 38(4), 442- 468
- ZOLLMAN, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19.
- WAGNER, T. (2008). *The global achievement gap: Why even our best schools don't teach the new survival skills our children need — and what we can do about it*. New York, NY: Basic Books
- WILLINGHAM, D. T. (2008). Critical Thinking: Why Is It So Hard to Teach? *Arts Education Policy Review*, 109(4), 21–32. <https://doi.org/10.3200/AEPR.109.4.21-32>

[1] Hacemos servir el acrónimo STEM, en inglés, en vez de CTIM en catalán o español por coherencia con el uso administrativo que se está dando a estas siglas, en particular en el Pla STEMCat y en las formaciones docentes asociadas.

[2] <http://steam4u.eu/>