

STEMplus

STEMplus: Base para la educación del siglo XXI

Kristina Reiss
y
Barbara Filtzinger

Múnich, primavera de 2023

Tabla de contenido

1. Los desafíos	3
2. El papel que juegan las asignaturas STEM.....	5
3. De STEM a STEMplus.....	6
4. Educación en las materias STEM: ¿Cómo implantar STEMplus?.....	7
5. Competencias STEM y situaciones de aprendizaje	8
6. Aprendizaje activo y requisitos.....	10
7. Hay que conectar los componentes.....	12
Autores	12
Bibliografía.....	13

STEMplus: Base para la educación del siglo XXI

Las asignaturas STEM tienen un papel especial que desempeñar en nuestro mundo, cada vez más impulsado por la tecnología. Por lo tanto, es importante introducir a niñas, niños y jóvenes en los conceptos básicos de forma selectiva, especialmente en las clases de aula escolar. Sin embargo, no debe tratarse sólo de conocimientos declarativos, conceptos y hechos que puedan ponerse a prueba. Es mucho más importante despertar su motivación e interés, dejarles experimentar la ciencia a través de sus propias acciones, animarles a realizar sus propios experimentos, a cuestionar los resultados críticamente y a discutirlos. Del mismo modo, las asignaturas STEM deben considerarse en su papel social, que está relacionado con una responsabilidad especial respecto a las consecuencias de las acciones. También en este caso, las niñas, los niños y los jóvenes deben poder vivir experiencias que les preparen para participar en la sociedad. Esto incluye estar abierto a formas creativas también fuera de su propio entorno, examinar diversos aspectos del conocimiento y respetar culturas diferentes. En consecuencia, no basta con detenerse en los aspectos de STEM relacionados con las asignaturas. Más bien se necesita un enfoque holístico, y esto es lo que se esconde tras el acrónimo “STEMplus”.

1. Los desafíos

Hace cincuenta años, el Club de Roma alertó en su histórica publicación “Los límites del crecimiento” (Meadows, Meadows, Randers, & Behrens, 1972) acerca de las consecuencias de un aumento incontrolado de la población mundial, de la producción insuficiente de alimentos, del avance de la industrialización, de la explotación de las reservas de materias primas y de la destrucción de los hábitats. En la elaboración del informe se usaron simulaciones por computadora que contemplaron los distintos escenarios posibles. En la actualidad, sabemos – gracias a otros estudios que se efectuaron posteriormente –, que los pronósticos eran acertados; por otra parte, algunos datos actuales, como el tamaño de la población, también avalan el escenario central descrito en la publicación (Turner, 2014). Aunque el informe tuvo una amplia difusión, se realizaron pocas acciones para proteger al medio ambiente y, por ende, a la humanidad.

En los últimos años, los problemas no han retrocedido. Hemos comprobado cómo el cambio climático amenaza, en mayor o menor medida, a todas las zonas del planeta; sufrimos períodos de sequía y olas de calor; somos testigos del deshielo de los casquetes polares y de los glaciares, que tendrá repercusiones en el nivel del mar. Además, somos muy conscientes del gran impacto que tiene una pandemia en la salud y la vida de muchas personas.

Los peligros asociados a la transformación de nuestro entorno natural constituyen los principales desafíos del siglo XXI para la generación actual y la próxima. Sin embargo, la situación de hoy presenta rasgos distintos a los que vivíamos hace cincuenta años. Por una parte, la globalización ha seguido su avance, lo que implica no solo una serie de riesgos, sino también oportunidades que se deben aprovechar. Somos muy conscientes de que los problemas de gran envergadura requieren soluciones globales y un fuerte compromiso que aúne distintas visiones, premisas, estimaciones, considerando los

distintos grados de afectación. Otro factor importante es la creciente digitalización, que también conlleva riesgos, pero – si se utiliza correctamente – muchas posibilidades para afrontar eficazmente los problemas. En este ámbito también es necesario pensar y actuar a escala global para implementar y aprovechar una cultura propicia a la digitalización.

Es evidente que para solucionar cuestiones de esta magnitud no son suficientes políticas a corto plazo, sino que también es necesario diseñar estrategias a muy largo plazo: de ahí que la educación juegue un papel crucial. La educación debe contribuir de forma activa a forjar soluciones. Se debe garantizar que las generaciones jóvenes disfruten de una educación de la mejor calidad posible acorde con los conocimientos actuales con el fin de estar preparadas para afrontar los desafíos mencionados. En la actualidad, distintas organizaciones están trabajando para contribuir a este fin. Los objetivos definidos en 2015 por las Naciones Unidas para un desarrollo sostenible otorgaron un papel central a la educación (Naciones Unidas, 2015). Se definieron las competencias en la lectura y las matemáticas como la base de una “educación de calidad”. Esta premisa se incluye en el “Objetivo de Desarrollo Sostenible 4 para la Educación 2030” (UNESCO, 2015), que tiene por fin el de “garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos” hasta 2030. El informe de la Comisión Internacional sobre los Futuros de la Educación (UNESCO, 2021), creado por la UNESCO, tiene un enfoque similar: una de las claves de este informe es la educación, que debe tener una orientación ecológica, intercultural e interdisciplinar y debe incluir posibilidades de acción, así como una perspectiva internacional. Se trata de diseñar la educación y la capacitación para posibilitar un futuro sostenible en sociedades pacíficas y justas. La OCDE, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, también abordó en el año 2019 el tema de la educación y creó la Brújula del Aprendizaje 2030, en la que se dan pautas para la adquisición de las competencias necesarias para vivir en un mundo en cambio constante. Abarca distintos niveles de aprendizaje, que ponen de manifiesto la importancia de repensar la educación. La adquisición de conocimientos (“learning to know”) es, por supuesto, un aspecto central, pero no es suficiente. Se complementa con la capacitación para la actuación (“learning to do”), enfocada fundamentalmente a la resolución de problemas y al pensamiento crítico y con la capacidad de cooperar, es decir la adquisición de competencias sociales e interculturales de responsabilidad y la autorregulación (“learning to be”), así como el aprendizaje para la convivencia (“learning to live together”), que también abarca las relaciones sociales en un contexto global y político con gran influencia digital (OECD, 2019, así como Scot, 2015). Además, los objetivos contemplan los requisitos de las Naciones Unidas para un desarrollo sostenible y abarcan áreas como la seguridad, la salud, el compromiso de la sociedad civil o el medio ambiente (OECD, 2019).

Si bien la publicación de la OCDE afirma que el aprendizaje y la educación no se pueden limitar al ámbito de la escuela, sino que constituyen una tarea para la sociedad, esta institución cobra una especial relevancia. Aunque la competencia lectora o un idioma sí se pueden aprender en el hogar o en otro entorno privado, generalmente no ocurre lo mismo con las matemáticas o las ciencias naturales. Por otro parte, en aras de una igualdad de oportunidades, es crucial que las y los jóvenes tengan acceso a una educación de calidad independientemente de su origen social o regional. Por consiguiente, en el ámbito público, especialmente en las escuelas, se debe ofrecer una educación que permita lograr los objetivos definidos.

2. El papel que juegan las asignaturas STEM

¿Qué se necesita para afrontar estos desafíos? Es indiscutible que la educación juega un papel fundamental para este fin. La complejidad de las tareas requiere la cooperación entre personas bien capacitadas con alto grado de creatividad para buscar soluciones basadas en los conocimientos científicos actuales. Por supuesto, el fin no es que estos conocimientos se reduzcan a un círculo exclusivo de personas, sino que las medidas – necesarias y razonables – se discutan, se acepten y se lleven a la práctica en el marco de la sociedad. De ahí que una de las premisas más importantes sea la educación de todas las personas integrantes de la sociedad.

La educación STEM, es decir, los conocimientos de matemáticas, informática, ciencia y tecnología, desempeñan un papel central para afrontar los desafíos del siglo XXI. Las matemáticas constituyen, generalmente, una base sólida para otras áreas del conocimiento que requieren cálculos. Sin embargo, no tiene un mero rol auxiliar. La pandemia por COVID19 nos ha demostrado la importancia de la estadística y del manejo racional de las inseguridades. Asimismo, los modelos matemáticos son cruciales para afrontar los retos reales, tal y como nos demuestra la mencionada publicación “Los límites del crecimiento”. Las matemáticas constituyen, ante todo, la base de la informática, que, a su vez, es el motor de cambios en la era digital. Unos conocimientos básicos de esta área resultan muy útiles para usar la tecnología digital, omnipresente en nuestras vidas. Los avances de las ciencias naturales repercuten cada vez más en nuestra vida diaria, por ejemplo, en la salud y la alimentación. Aunque la tecnología no esté muy presente en la mayor parte de las escuelas, los avances técnicos y la evaluación de sus posibilidades y límites ejercen una gran influencia en la sociedad.

Las afirmaciones válidas para la sociedad en su conjunto se pueden trasladar también a los individuos. Para participar activamente en la sociedad se requieren conocimientos amplios de las disciplinas STEM. A la hora de formarse y justificar una opinión fundada sobre temas como el cambio climático, los problemas medioambientales, la salud o la digitalización, con el fin de involucrarse a nivel privado y profesional, se requieren conocimientos basados en estas materias. Para ello, no se precisan únicamente contenidos teóricos, sino más bien conocimientos flexibles aplicables en un contexto interdisciplinario; no se trata únicamente de la mera implementación técnica, es más importante ser capaz de verificar y cuestionar propuestas, respuestas, resultados, evaluar pros y contras y estudiar la integración en el ámbito de la sociedad (véase también UNESCO, 2021).

Una educación STEM de calidad debe estudiar el papel específico de las materias y, por tanto preparar, más allá de los conocimientos teóricos, para evaluar situaciones y comprender contextos y futuros desarrollos. En otras palabras: la educación STEM no se reduce únicamente a los conocimientos especializados, sino que también debería preparar en profundidad para otras áreas de la vida diaria y de la vida profesional. A este respecto, cabe destacar las 21st Century Skills, que definen la creatividad, el pensamiento crítico y la comunicación como habilidades clave (OECD, 2020). La creatividad permite desarrollar soluciones novedosas para desafíos complejos; el pensamiento crítico consiste en cuestionar las fuentes y verificar los requisitos; la cooperación implica trabajar en equipo y confiar en otras personas; la comunicación es necesaria para transmitir a otros los resultados del propio pensamiento, trabajo y aprendizaje.

3. De STEM a STEMplus

¿Cuáles son las consecuencias concretas de estas ideas de educación más allá de las materias STEM? Vivimos en una sociedad más influenciada que nunca por los procesos basados en los conocimientos y las ideas de STEM. Sin embargo, no basta con limitarse a una perspectiva puramente temática. Por el contrario, es importante integrar las asignaturas en el entorno social, abordando la creatividad, el pensamiento crítico, la cooperación y la comunicación tanto como el contenido de las asignaturas. Las cuatro letras STEM no son necesariamente suficientes para ello.

En el contexto anglosajón, el término STEM de "science, technology, engineering, mathematics" (ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas) se convirtió en STEAM, con el añadido de "arts" (artes). La idea se le atribuye al diseñador estadounidense John Maeda, que trabajó en el Massachusetts Institute of Technology y en la Rhode Island School of Design (https://en.wikipedia.org/wiki/John_Maeda#cite_note-38). La nueva letra "A" representa un área muy amplia, que engloba las distintas artes, así como el lenguaje, los medios de comunicación y las humanidades, que se relacionan con las asignaturas STEM. Los contenidos tampoco juegan aquí un papel relevante, sino más bien el acceso al conocimiento basado en problemas, fomentar enfoques innovadores y propiciar el trabajo creativo. El nuevo concepto STEM+H, que se utiliza en el ámbito latinoamericano, presenta un enfoque análogo (Cano, Bermúdez & Arango, 2021). Para acuñar el nuevo término se añade la inicial "H" de "humanidades"; esta palabra también representa mucho más: el fomento del pensamiento crítico, del trabajo colaborativo y la consideración del contexto social para abordar la solución de los problemas (ver también UNESCO, 2021). Por su parte, Bascopé y Reiss (2021) emplean el término ampliado STEM4S ("STEM education for sustainability"): los conocimientos y las habilidades del área de las STEM pueden contribuir a comprender problemas globales y a diseñar medidas en la sociedad para afrontar dichos desafíos empleando métodos adecuados basados en el conocimiento. STEM4S tiene como fin impulsar el pensamiento crítico, considerar la sostenibilidad y aplicar de forma global el valor de la educación STEM para la sociedad.

Aun cuando los enfoques sean distintos, tienen un importante rasgo común: una educación STEM de calidad debe contemplar perspectivas que trasciendan la propia materia. Normalmente, la asignatura se basa en conocimientos de la disciplina. Sin embargo, una educación STEM ampliada ("STEMplus") no se orienta forzosamente a problemas propios de la propia materia, sino que recurre a métodos creativos para solucionarlos, apostando por iniciativas conjuntas. Uno de sus pilares es que considera tanto un posible uso para la sociedad como la responsabilidad social asociada a una solución. En una sociedad coexisten necesidades muy diversas, por lo que las consecuencias pueden ser muy distintas para los individuos. La reflexión sobre acciones reales, que transmite los beneficios y los riesgos y, a la vez, siempre es fácil de evaluar aunque no de forma uniforme (véanse también los niveles de aprendizaje mencionados, OECD, 2019).

No existe una definición sencilla del término STEMplus. Por el contrario, debe caracterizarse por el examen de las vías de acceso a una educación STEM holística dentro de las asignaturas. Las competencias de los alumnos, las oportunidades de aprendizaje asociadas y el papel específico de los alumnos en el aula se complementan para formar una imagen de lo que constituye STEMplus.

4. Educación en las materias STEM: ¿Cómo implantar STEMplus?

La educación es una misión de la sociedad, en la que están involucradas distintas instituciones además de la familia u otros jóvenes. No se limita a la infancia y a la juventud: cada vez adquiere más importancia el aprendizaje a lo largo de toda la vida. No obstante, la escuela sigue jugando un papel crucial. Una de sus funciones es transmitir los conocimientos básicos para la educación STEM. Como cabe esperar que los desafíos a los que se enfrentará la generación joven en las próximas décadas van a experimentar una fuerte transformación, es necesario prepararla en la medida de lo posible.

No se trata de una tarea fácil: las asignaturas STEM presentan una imagen compleja, no exenta de problemas, con muchas ideas preconcebidas. Las asignaturas de ciencias naturales son, generalmente, consideradas como difíciles, con frecuencia las niñas en particular no muestran mucho interés en ellas (Schiepe-Tiska, Simm & Schmidtner, 2016). De forma análoga, las matemáticas no tienen fama de asignatura sencilla y, suelen suscitar opiniones opuestas: despiertan pasiones o rechazo (Henn & Kaiser, 2001). La tecnología, como la informática, no siempre forma parte del currículo escolar. Un gran problema común a todas estas disciplinas es que, con frecuencia, el interés en las asignaturas STEM se cristaliza a edades muy tempranas y no siempre es posible rectificar esta valoración inicial en el transcurso del tiempo. Se ha constatado una tendencia a que el interés por estas materias disminuya a lo largo del periodo educativo (Daniels, 2008; Gottfried, Fleming & Gottfried, 2001). En el desempeño en las asignaturas STEM juegan un papel importante tanto el interés como la autoeficacia (véase, por ejemplo, el metaestudio de Grimalt-Álvaro & Couso, 2022).

¿Es posible superar estas dificultades? En los últimos años se han registrado iniciativas muy distintas para afrontar este reto. A la vista de los decepcionantes resultados que obtuvieron alumnas y alumnos de Alemania en el estudio PISA de 2000 en todas las áreas, incluidas las matemáticas y las ciencias naturales, alcanzando puntuaciones inferiores a las medias de los estados de la OCDE (Baumert et al., 2001), la educación pasó al foco de la opinión pública. Se elaboraron nuevas normas educativas que ya no definían una mera oferta educativa para las alumnas y los alumnos, sino que incluían las competencias deseadas (véase para secundaria la versión actual de la Conferencia de Ministros de Educación, Kultusministerkonferenz, 2022). Los planes de estudios orientados al insumo o entrada dejaron de estar en primer plano, sino más bien la salida, el manejo del conocimiento o, en otras palabras, las competencias que las niñas y los niños y los jóvenes debían lograr en un futuro.

Aunque se trata de un camino no exento de dificultades, y las reformas, especialmente en el ámbito de la escuela y la enseñanza, siempre requieren suficiente tiempo, ya se perciben señales de que el rumbo adoptado es prometedor: en la prueba PISA 2000 alumnas y alumnos de Alemania demostraron competencias en matemáticas y ciencias naturales que estaban por debajo de la media de los estados de la OCDE (Deutsches PISA-Konsortium, 2001); sin embargo, en PISA 2018 ambas áreas estaban considerablemente por encima de la media (Reiss et al., 2019). Sin duda alguna, los resultados aún son mejorables, ya que otros países obtuvieron resultados sustancialmente más altos que Alemania: Estonia, los Países Bajos o Polonia en matemáticas, o Estonia y Finlandia en ciencias naturales. Por otra parte, es necesario evaluar con regularidad las medidas adoptadas pues, a pesar

de los buenos resultados, se vislumbra un ligero descenso a lo largo de los años, lo que ratifica un estudio del Instituto Alemán del Desarrollo de la Calidad en la Educación (Institut für die Qualitätsentwicklung im Bildungswesen; Stanat et al., 2022).

Una orientación más marcada hacia las competencias que deben adquirir las alumnas y los alumnos influye considerablemente en la enseñanza de las asignaturas STEM. En este sentido, cabe destacar dos aspectos. Por una parte, el manejo de los conocimientos – y, por tanto, un componente importante de STEMplus – y la aplicación de lo aprendido juegan ahora un papel más relevante que antes. Las competencias de las asignaturas de biología, química y física no solo abarcan los conocimientos científicos, sino también la adquisición de saberes mediante la experimentación, la comunicación y la evaluación. En las matemáticas se distingue entre competencias relacionadas con el contenido, es decir, con los aspectos disciplinares, de las relativas al proceso, cuyo fin principal es reflexionar de forma activa sobre los contenidos (Kultusministerkonferenz, 2022). Por otra parte, se ha potenciado el nivel interdisciplinar: en las normas educativas para el examen de graduación de secundaria alemán de ciencias naturales se remite a una resolución de la Kultusministerkonferenz del año 1972, que señala que la enseñanza del grado más avanzado de secundaria (Gymnasium) tiene por objeto “adquirir conocimientos disciplinarios básicos como premisa para descubrir las interrelaciones entre áreas del conocimiento; asimilar los métodos de trabajo para adquirir, estructurar y usar información y materiales; adquirir estrategias de aprendizaje, autonomía y responsabilidad, así como habilidades de comunicación y de trabajo en equipo” (Kultusministerkonferenz, 2020; pág. 3 y siguientes). De este modo, se conforma una imagen global de las ciencias, que también se debe tratar en el aula y que es muy amplia: “Bajo esta premisa, la competencia en ciencias contribuye a fines superiores como la educación para el desarrollo sostenible, educación para la democracia, consumo, valores, medios y, por consiguiente, la educación general” (Kultusministerkonferenz, 2020; pág. 10.).

Llegados a este punto, conviene al menos hacer una reflexión que retoma el “learning to live together”. STEMplus no significa en absoluto ver los temas exclusivamente desde la perspectiva de la propia cultura. Precisamente el enfoque intercultural, que también debería incluir los conocimientos tradicionales, debería ser adecuado para fomentar la comprensión y el aprecio de otras perspectivas sobre STEM. Es probable que esta amplia aceptación de diferentes enfoques sea un elemento importante para el desarrollo sostenible (véase, por ejemplo, Sato, Chabay y Helgeson, 2018).

5. Competencias STEM y situaciones de aprendizaje

Weinert (2001, pág. 27 y siguiente) define las competencias como un constructo complejo: “habilidades y facultades cognitivas que los individuos disponen, o que pueden adquirir, para resolver determinados problemas, así como la predisposición y destrezas – de motivación, de voluntad y sociales – para aplicarlas a la resolución de problemas en distintas situaciones con éxito y responsabilidad”. En síntesis, también engloba la aplicación de los conocimientos y la flexibilidad para su implementación. Las competencias tienen, por tanto, una amplia base cognitiva y no cognitiva.

¿Qué son las competencias STEAM? La descripción general se puede concretizar a nivel de las asignaturas. Se trata de los contenidos disciplinares que juegan un papel en todas las normas educativas (a título de ejemplo: normas educativas de la Kultusministerkonferenz en Alemania; National Council of Teachers of Mathematics, 2000, así como Common Core States Standards Initiative, 2017, en los EE UU.; Ministerio de Educación de Colombia, 2003, en Colombia). En dichas normas se mencionan bajo distintos epígrafes las formas de trabajo y de pensamiento propias de estas disciplinas: se trata de los procesos específicos de la generación de conocimiento, como por ejemplo, los métodos inductivos o deductivos en las matemáticas, los métodos experimentales o el trabajo con modelos en las ciencias naturales, el desarrollo de soluciones con algoritmos en la informática.

Estos elementos disciplinares y metódicos deberán combinarse de forma que sean útiles para solucionar problemas reales y de la vida diaria. No cabe duda de que para lograr este fin la enseñanza debe estar a la altura. Las distintas normas educativas abordan la transmisión de contenidos y métodos, el fomento de la motivación y los intereses de las alumnas y los alumnos, así como su habilidad y predisposición para afrontar problemas de forma adecuada. Por último, tal y como señala Weinert (2001), para la resolución de problemas también es necesario asumir la responsabilidad y llevar a la práctica las propias ideas. Con ello, se cierra el círculo hasta las formulaciones de la OCDE o la UNESCO relativas a una educación contemporánea.

En pocas palabras, la adquisición de competencias consiste fundamentalmente en aprender a resolver problemas de forma autónoma, conocer recursos y vías de resolución de problemas, afrontándolos con motivación y responsabilidad. Para ello, es necesario ofrecer situaciones de aprendizaje apropiadas, especialmente en la educación escolar; ésta no debe centrarse únicamente en impartir contenidos: estos son importantes, pero la forma de trabajo, que en muchas ocasiones permite comprenderlos mejor, es aún más relevante.

Las asignaturas STEM son ideales para aplicar el procedimiento científico: se observa (en muchas ocasiones repetidas veces) un fenómeno, se reconoce un patrón y se desarrolla una teoría. Ésta se prueba, en caso necesario, con nuevos ejemplos y se confirma o se rechaza. El resultado puede ser un prototipo, que se puede aplicar en más casos. La enseñanza debe mostrar esta forma de trabajo, ya que propicia la reflexión sobre el mundo, tiene una función propedéutica de las ciencias y permite realizar experiencias autónomas de aprendizaje. Para ello, es imprescindible identificar fenómenos accesibles, apropiados para la edad en cuestión, con el fin de fomentar que las alumnas y los alumnos realicen investigaciones y experimentos; extraigan sus propias conclusiones y discutan los fenómenos y reflexiones de forma crítica.

Las ciencias naturales ofrecen una amplia gama de interrogantes, desde muy simples a complejos, ideales para este fin: ¿El hielo se derrite de forma distinta en un recipiente de acero inoxidable o en uno de plástico? ¿En qué consiste el efecto invernadero? ¿Cómo se obtiene agua potable? En principio, también se puede aplicar este enfoque en las matemáticas. ¿Un número siempre es divisible entre 3 si la suma de sus cifras es divisible entre 3? ¿Cómo se comportan los volúmenes de un cilindro, un cono de base circular y una semiesfera con el mismo radio y la misma altura? ¿Qué significa “incidencia”? En informática y en tecnología también hay tareas que se pueden abordar con distintos grados de complejidad: ¿Cómo se programa un computador? ¿Qué algoritmos determinan nuestra vida cotidiana? ¿Qué es la protección de datos personales?

Las situaciones de aprendizaje en la enseñanza de STEM también deben considerar las características específicas de las materias desde el punto de vista de la teoría de las ciencias: lo principal no es el conocimiento obtenido a partir de un fenómeno, sino la forma específica de trabajo. Tanto la informática como las matemáticas aplican procesos, en los que una entrada determinada permite obtener una salida específica. Dichos procesos tienen, generalmente, una validez universal, pero se puede cuestionar, por ejemplo, la calidad de la entrada para evaluar la calidad de la salida. Las ciencias naturales son disciplinas experimentales, que desarrollan teorías a partir de observaciones: dichas teorías pueden ser provisionales y posteriormente se pueden precisar, ampliar o incluso corregir.

¿Cómo repercute esto en la enseñanza o en el aprendizaje formal? En primer lugar, se trata de un aprendizaje activo: no solo se transmiten conocimientos a las alumnas y a los alumnos, sino que se les muestra el camino que pueden seguir para adquirir conocimientos y estructurarlos. Por supuesto, en algunas situaciones será preferible optar por la instrucción directa: no se trata de empezar siempre de cero. Sin embargo, si se pretende que las y los estudiantes sean en un futuro personas con creatividad para enfrentarse a los retos, también se debe dedicar suficiente tiempo para el trabajo libre. Por otra parte, es necesario seleccionar y ofrecer contenidos adecuados para el aprendizaje. Aunque todas las materias requieren conocimientos básicos, estos también se pueden adquirir mediante la observación de fenómenos. Un aspecto fundamental de la enseñanza consiste en comprender los procesos: es posible recurrir a ejemplos de la vida cotidiana para crear aplicaciones creativas que sirvan para generar o confirmar conocimientos básicos.

Cabe destacar que la enseñanza de STEM no debe, naturalmente, englobar exclusivamente situaciones de aprendizaje sencillas, ni tampoco puede prescindir por completo de la transmisión (eficaz) de conocimientos. La preparación para los desafíos futuros, que aún no conocemos, no debe ceñirse a problemas triviales, sino que también debe abarcar cuestiones complejas para sentar las bases para el aprendizaje autónomo. Ello requiere una base teórica sólida. De ahí que la enseñanza deba recurrir a ejemplos de la vida cotidiana, pero también transmitir conceptos básicos. Las aplicaciones creativas se basan en los conocimientos disciplinares y deben poder relacionarse con ellos.

6. Aprendizaje activo y requisitos

Aunque los requisitos más importantes para una enseñanza de calidad es ofrecer situaciones de aprendizaje apropiadas, esto no es suficiente. Las profesoras y los profesores juegan un rol muy importante. Una síntesis elaborada por Hattie (2009) a partir de 800 metaestudios sobre el aprendizaje muestra la gran importancia que ejercen las y los docentes para que las alumnas y los alumnos adquieran con éxito las competencias necesarias. Una actualización confirma que la variable *collective teacher efficacy* tiene el valor más elevado (<https://visible-learning.org/hattie-ranking-influences-effect-sizes-learning-achievement/>). Se trata de que las y los docentes de una institución, en su conjunto, estén convencidos de que pueden generar un impacto positivo en las alumnas y los alumnos.

Sin embargo, otros estudios no solo otorgan gran importancia a estos aspectos pedagógicos-sociales, sino que también consideran que los conocimientos de las y los docentes acerca de la didáctica de la asignatura son un componente esencial para el éxito

de la enseñanza (Kunter et al., 2011). Distinguiendo los distintos saberes de las y los docentes como conocimientos de la materia, conocimientos de didáctica de la asignatura y conocimientos pedagógicos (Shulman, 1986), un estudio realizado con motivo de la prueba PISA 2003 para la asignatura de matemáticas confirma que los conocimientos de la disciplina son fundamentales para la enseñanza, pero son realmente efectivos cuando se combinan con conocimientos de didáctica de la asignatura.

No es posible resumir en unas palabras los requisitos que deben cumplir los conocimientos de didáctica de las asignaturas STEM, pero sí existen componentes específicos que han resultado ser importantes en la discusión actual y en la práctica, aunque los resultados empíricos al respecto no sean homogéneos. En el aula es necesario que las y los estudiantes adquieran conocimientos de la asignatura, pero también es preciso que se desarrollen, como se ha indicado previamente, para ser en un futuro ciudadanas y ciudadanos comprometidos, reflexivos y constructivos (OECD, 2019). Para lograr este fin, se debe recurrir al aprendizaje activo y autónomo. La y los docentes deben utilizar formas de trabajo adecuadas, que permitan aplicar una enseñanza basada en los problemas para aprender investigando. Además, es necesario prestar ayuda específica para los problemas propios de la asignatura y las concepciones erróneas de sus estudiantes..

La puesta en práctica de las asignaturas STEM se puede inspirar en la forma de trabajo específica de las disciplinas. Por ejemplo, en el marco de PISA 2015 se distinguieron tres competencias básicas de la enseñanza de las ciencias naturales: explicar fenómenos científicos; evaluar la investigación científica; planear experimentos e interpretar datos y evidencias desde el punto de vista de las ciencias (OECD, 2016). Dichas destrezas son, asimismo, los componentes centrales del trabajo científico. En las matemáticas se utiliza constantemente la argumentación: para formular soluciones de problemas, describir posibles soluciones e interpretar la solución (OECD, 2019). Por otra parte, el trabajo científico en las asignaturas STEM se basa, generalmente, en problemas, para los que se busca una solución general. Los conocimientos de didáctica de las ciencias son importantes no sólo para identificar problemas adecuados para la enseñanza, sino también para adaptarlos a los distintos niveles de competencias.

El objetivo no es, naturalmente, preparar a todo el alumnado para que se dedique posteriormente a la investigación de STEM ni a un trabajo en este área. Se persigue conformar una base que permita comprender el trabajo científico y, por consiguiente, el mundo que nos rodea, caracterizado por una elevada complejidad y transformaciones continuas. En la actualidad, no se sabe qué métodos o conocimientos concretos serán relevantes en un futuro. Para ilustrarlo con un ejemplo: el método de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) fue introducido en 1983 por el bioquímico Kary Mullis, que recibió en 1993 el Premio Nobel de Química. En la actualidad, el test que determina la carga en el cuerpo de determinados virus es mundialmente conocido, y, además, el procedimiento se emplea en laboratorios escolares.

7. Hay que conectar los componentes

STEMplus es un concepto global que no se limita a las materias STEM, sino que trata de configurar el aprendizaje y la enseñanza con vistas a las necesidades futuras. En consecuencia, STEMplus necesita un esfuerzo colectivo de distintos agentes para su aplicación. El objetivo es familiarizar a las y los estudiantes con una visión holística de las

materias STEM, para motivarles a participar activa y reflexivamente en las competencias STEM. Esto puede tener éxito y debe tenerlo especialmente en las clases regulares de las escuelas. Esta enseñanza, orientada hacia STEMplus, transmite una imagen completa de las matemáticas, la informática, las ciencias naturales y la tecnología, y es adecuada para reconocer y comprender mejor el papel de estas disciplinas para el mundo del siglo XXI.

Autores



Prof. Dr. Kristina Reiss

Kristina Reiss estudió Matemáticas en la Universidad de Heidelberg (Alemania) y realizó su doctorado en Matemáticas en esta misma universidad. Trabajó en varias universidades en Alemania como profesora de Educación Matemática. Desde 2009 es miembro de la Universidad Técnica de Múnich. Se jubiló en 2021 y se convirtió en emérita de excelencia en la TUM. Kristina Reiss es ex decana de la Escuela de Educación de la TUM, la facultad de formación de profesores de secundaria. También fue directora del programa PISA en Alemania y dirigió estas pruebas. Su principal interés de investigación es el desarrollo de competencias en las materias STEM.

Foto: Astrid Eckert



Dr. Barbara Filtzinger

Barbara Filtzinger estudió Pedagogía e Historia en la Universidad Ludwig Maximilian de Múnich. Es directora del área de trabajo Educación de la fundación Siemens Stiftung y responsable del compromiso educativo en las regiones de Latinoamérica, África y Alemania. La tarea principal consiste en proveer una educación contemporánea en ciencias naturales y tecnología desde la guardería hasta el bachillerato. Anteriormente, fue responsable de la Ciudadanía Corporativa de Siemens AG y desempeñó un papel clave en la planificación y creación de la fundación Siemens Stiftung. Además, es miembro de varias iniciativas alemanas e internacionales de STEM.

Foto: Manfred Bernhard

Bibliografía

- Bascopé, M. & Reiss, K.** (2021). Place-based STEM education for sustainability: A path towards socioecological resilience. *Sustainability* 2021, 13, 8414. <https://doi.org/10.3390/su13158414>
- Cano, L., Bermúdez, D. M., & Arango, V. D.** (2021). Experiencias STEM+H en instituciones educativas de Medellín: factores que prevalecen en su implementación. *Sociología y Tecnociencia*, 11, Extra_1, 1-21.
- Common Core State Standards Initiative (CCSSI)** (2010). *Common Core State Standards for Mathematics*. <http://www.corestandards.org/Math/>
- Deutsches PISA-Konsortium** (2001). *PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich*. Opladen: Leske & Budrich.
- Daniels**, (2008). *Entwicklung schulischer Interessen im Jugendalter*. Münster: Waxmann.
- Gottfried, A. E., Fleming, J. S., & Gottfried, A. W.** (2001). Continuity of academic intrinsic motivation from childhood through late adolescence: A longitudinal study. *Journal of Educational Psychology*, 93, 3-13.
- Grimalt-Álvaro, C., & Couso, D.** (2022). ¿Qué sabemos del posicionamiento STEM del alumnado? Una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Investigación Educativa*, 40(2), 531-547. <http://dx.doi.org/10.6018/rie.467901>
- Hattie, J.** (2009). *Visible Learning. A Synthesis of over 800 Meta-Analyses relating to Achievement*. London: Routledge.
- Hattie, J.** (2015). The applicability of Visible Learning to higher education. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*, 1(1), 79-91. <https://doi.org/10.1037/stl0000021>
- Henn, H. W., & Kaiser, G.** (2001). Mathematik – ein polarisierendes Schulfach. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 4, 359-380.
- Kunter, M., Baumert, J., Blum, W., Klusmann, U., Krauss, S., & Neubrand, M. (Hrsg.)**. (2011). *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV*. Münster: Waxmann.
- Kultusministerkonferenz** (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife*. Berlin: KMK.
- Kultusministerkonferenz** (2022). *Bildungsstandards für das Fach Mathematik: Erster Schulabschluss (ESA) und Mittlerer Schulabschluss (MSA)*. Berlin: KMK.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens, W. W. III** (1972). *The Limits of Growth. A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books.
- Ministerio de Educación de Colombia** (2003). *Estándares básicos de competencias en matemáticas*. <http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/MENEstandaresMatematicas2003.php>
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM)** (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.

- OECD** (2016). *PISA 2015 assessment and analytical framework. Science, reading, mathematics and financial literacy*. Paris: OECD. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264255425-9-en>
- OECD** (2019). *OECD Lernkompass 2030. OECD-Projekt Future of Education and Skills 2030 Rahmenkonzept des Lernens*. Paris: OECD Publishing. https://www.oecd.org/education/2030-project/contact/German_Translation_LC_May_2021.pdf
- OECD** (2020). *What Students Learn Matters: Towards a 21st Century Curriculum*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/d86d4d9a-en>
- Reiss, K., Weis, M., Klieme, E., & Köller, O.** (2019). *PISA 2018. Grundbildung im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830991007>
- Sato, T., Chabay, I., & Helgeson, J. (Eds.)** (2018). *Transformations of Social-Ecological Systems: Studies in Co-Creating Integrated Knowledge Toward Sustainable Futures*. Ecological Research Monographs. Singapore: Springer.
- Schiepe-Tiska, A., Simm, I., & Schmidtner, S.** (2016). Motivationale Orientierungen, Selbstbilder und Berufserwartungen in den Naturwissenschaften in PISA 2015. In K. Reiss, C. Sälzer, A. Schiepe-Tiska, E. Klieme & O. Köller (Hrsg.), *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation* (S. 99-132). Münster: Waxmann. https://www.pisa.tum.de/fileadmin/w00bgi/www/Berichtsbaende_und_Zusammenfassungen/aktuelle_Version_-_Nationaler_Bericht_2015.pdf
- Scott, C.** (2015). *The Futures of Learning 2: What kind of learning for the 21st century? UNESCO Education Research and Foresight*, <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000242996>
- Shulman, L. S.** (1986). Paradigms and research programs in the study of teaching: a contemporary perspective. In M. Wittrock (Ed.), *Handbook of Research on Teaching* (pp. 3-36). New York: Macmillan.
- Stanat, P., Schipolowski, S., Schneider, R., Sachse, K. A., Weirich, S., & Henschel, S. (editores)** (2022). *IQB Bildungstrend 2021. Kompetenzen in den Fächern Deutsch und Mathematik am Ende der 4. Jahrgangsstufe im dritten Ländervergleich*. Münster: Waxmann.
- Turner, G.** (2014) *Is Global Collapse Imminent?* MSSI Research Paper No. 4, Melbourne Sustainable Society Institute, The University of Melbourne.
- UNESCO** (2015). *Agenda Bildung 2030 – Bildung und die Sustainable Development Goals*. <https://www.unesco.de/bildung/agenda-bildung-2030>
- UNESCO** (2021). *Reimagining our futures together: a new social contract for education*. <https://www.unesco.org/en/articles/new-unesco-flagship-report-calls-reinventing-education>
- Vereinte Nationen** (2015). *Sustainable Development Goals*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable%20-development-goals/>
- Weinert, F. E.** (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. En F. Weinert (editores), *Leistungsmessungen in Schulen* (pág. 17-31). Weinheim: Beltz.