

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS Y TECNOLOGÍA EN EL DESARROLLO DE LA COMPETENCIA STEM

*Problem Solving and Technology for developing
STEM competence*

JOSÉ LUIS LUPIÁÑEZ GÓMEZ
Universidad de Granada

Resumen

La educación STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) destaca la importancia de que los estudiantes se involucren en el análisis y la resolución de problemas auténticos, en la construcción de soluciones reales y en la reflexión acerca del papel de estas cuatro disciplinas en el mundo real. En este capítulo introducimos y ejemplificamos tareas que pueden suministrar a los escolares la oportunidad de desarrollar su competencia STEM.

Palabras clave: STEM, modelización, tecnología, tareas escolares

Abstract

STEM education (Science, Technology, Engineering and Mathematics) emphasizes the importance of involve students in analyzing and solving authentic problems, building real solutions and reflecting about the role of these four discipline in real world. This chapter introduce and give examples of tasks that promote opportunities to develop STEM competence in students.

Keywords: STEM, modelling, technology, school tasks

EL ARTE DE LA ENSEÑANZA

Durante el desarrollo de la actividad docente que han desempeñado los profesores Francisco Fernández y Francisco Ruiz, ha sido muy sencillo constatar el entusiasmo y el compromiso de ambos por la educación matemática, por la innovación educativa y por crear y mantener un ambiente de clase cordial, animado y sin renunciar al rigor académico propio de su disciplina. Como señala Lemov (2017), “la enseñanza es un arte” (p. 33), y como tal, aglutina una serie de habilidades que evidencian el dominio y control de una serie de conocimientos, técnicas y recursos, y una predisposición a la creación basada en la expresión más sincera de lo que es hermoso y del quehacer reflexivo y nada arbitrario. Pero la calidad en la docencia rara vez es reconocida y por eso es necesario e importante dejar constancia de quién es merecedor de tal virtud. Los alumnos que han pasado por las aulas de estos dos profesores, también podrían ejemplificar muchas anécdotas que sostendrían estas aseveraciones. Como destaca Raúl Cremades (1999), nadie olvida nunca a un buen maestro. Por mi parte, espero que no les importe que me refiera a ellos aquí como lo hago cuando los veo: Paco Fernández y Paco Ruiz.

La actividad docente de Paco Fernández ha tenido un vínculo muy estrecho con la resolución de problemas. La búsqueda y el planteamiento de enigmas, retos y cuestiones, ha sido una constante en sus clases. Por otro lado, una de las grandes prioridades de Paco Ruiz en las suyas, ha sido la de poner de manifiesto que las matemáticas permiten interpretar, representar y comprender mucho de lo que tenemos a nuestro alrededor. El uso racional y práctico de la tecnología también ha tenido mucha presencia en sus clases. Resolución de problemas, comprensión del entorno y tecnología, son tres factores relevantes para la Educación Matemática y, recientemente, son tres elementos clave para caracterizar el significado de ser competente en STEM.

La competencia STEM responde a un modelo curricular en el que cuatro áreas se conjugan para promover un aprendizaje integrado con un amplio espectro de aplicaciones. Esta competencia enfatiza una estrategia educativa interdisciplinaria, donde los conceptos académicamente rigurosos se acoplan y complementan para responder a diferentes facetas del mundo real (Sanders, 2009). Es decir, se ponen en práctica la ciencia, la

tecnología, la ingeniería y las matemáticas en contextos relacionados con la escuela, la sociedad el deporte o el trabajo, entre otros dominios (Tsupro et al, 2009). En este capítulo, y como conexión a algunas de las prioridades docentes de Paco Fernández y Paco Ruiz, concretaré el significado de la competencia STEM y sus antecedentes y ejemplificaré algunas tareas que pueden promover su desarrollo.

LA COMPETENCIA STEM

La importancia y el reconocimiento de fomentar científicamente a los ciudadanos para sostener el avance social y económico de un país, se consolidó en Estados Unidos a partir de la carrera espacial que acabó la Unión Soviética con el lanzamiento del Sputnik en 1957. En la década de los 70 del pasado siglo, estas voces llegaron al ámbito educativo, y varias asociaciones, entre ellas el NCTM, destacaron también el valor de la formación de los jóvenes en áreas científicas (Berube, 2014). En los 90 se acuñó el término “SMET” para destacar esta formación integral y ya en el siglo XXI se reformuló, también en Estados Unidos, hasta el término que se ha manejado hasta nuestros días. La constitución en 2012 de la STEM Education Coalition¹ en Estados Unidos y en 2015 de la EU STEM Coalition² en Europa, que ha dado pie a diversas iniciativas europeas, atestigua el interés internacional de este enfoque curricular.

En los últimos años, son frecuentes las propuestas de intervención centradas en actividades del docente o en tareas que promueven el desarrollo de esta competencia, y que se encuentran tanto en publicaciones internacionales (Isabelle & Zinn, 2017; Rompella, 2015; Sahin, 2015) como en páginas y repositorios de internet: *STEM Education Centre*³, *InGenious*⁴ o *Scientix*⁵, entre otros. También son numerosos los análisis y planteamien-

¹ <http://www.stemedcoalition.org>

² <http://www.stemcoalition.eu>

³ <http://www.cehd.umn.edu/stem>

⁴ <http://www.ingenious-science.eu>

⁵ <http://www.scientix.eu/>

tos curriculares que destacan el gran beneficio social de una “educación STEM” (Johnson, Peters-Burton & Moore, 2015; Felder & Brent, 2016), o cómo ésta puede minimizar brechas sociales (Babaci-Wilhite, 2016; Berube, 2014). Finalmente, también la investigación reciente analiza cuestiones como las anteriores en términos de la formación escolar (Benjumeda y Romero, 2017; Han, Capraro & Capraro, 2016; Taub et al, 2017).

La conjunción de las materias a las que se refiere la competencia STEM no es arbitraria. Las ciencias suministran un contexto de reflexión, organización y actuación. Proponen problemas, cuestiones y contrastes que invitan a la exploración y al descubrimiento y brindan criterios para clasificar y organizar el medio natural, y así profundizar en su riqueza y complejidad. La tecnología ofrece herramientas y técnicas y, junto a la ingeniería, permiten afrontar la construcción de modelos y artefactos que resuelven conflictos o minimizan impactos. El diseño en la actualidad emplea esos dos referentes de manera conjunta: se diseña lo que puede resolver un determinado fenómeno y se afronta su elaboración para después validar su eficacia y su eficiencia y estudiar sus limitaciones. Las matemáticas, finalmente, aportan un modo de expresión y representación, un conjunto de nociones y destrezas que permiten interpretar el entorno, suministran estrategias para inventar y resolver problemas y promueven el pensamiento lógico y crítico (Lupiáñez y Ruiz-Hidalgo, 2016). La competencia STEM permite a los estudiantes comprender el mundo e interactuar con él de manera crítica, constructiva y eficiente. Puede considerarse como una oportunidad de introducir el mundo real a la escuela y conectar los conocimientos impartidos con el contexto social y científico del momento.

Una práctica coherente en una educación que persigue el desarrollo de esta competencia, exige un protagonismo expreso de los escolares: fomentar en ellos la inventiva, la iniciativa y el interés científico y tecnológico pasa por brindarles una mayor autonomía. Además, la curiosidad y el pensamiento crítico son actitudes que ocupan un lugar preponderante y que sólo se desarrollan en un contexto práctico y participativo. Una estrategia docente que resulta muy provechosa para el desarrollo de la competencia STEM, es el aprendizaje basado en proyectos (Capraro, Capraro y Morgan, 2013). A continuación presento dos actividades dirigidas a promover el desarrollo de la competencia STEM.

PLANTEAMIENTO DE TAREAS PARA PROMOVER LA COMPETENCIA STEM

Las tareas matemáticas escolares constituyen el principal medio por el que un profesor puede incentivar en sus escolares el logro de unas expectativas de aprendizaje y, por tanto, contribuir al desarrollo de sus competencias. La función cognitiva de una tarea se centra en proporcionar un contexto en el cual proponer a los escolares determinadas actuaciones con sentido para ellos, mediante el ejercicio de una o varias habilidades. Una tarea es un reto para el alumno y sirve para motivar la comprensión de un contenido, movilizándolo conceptos y procedimientos y dotándolo de sentido. Asimismo, es un indicador para que el profesor valore el logro de uno o varias expectativas de aprendizaje. El desarrollo paulatino de las competencias en los escolares se estimulará mediante familias de tareas conexas, que también servirán como instrumentos para valorar el grado de su logro y alcance (Rico y Lupiáñez, 2008).

Las tareas que promueven el desarrollo de la competencia STEM articulan diferentes habilidades en virtud del grado de aplicación de las materias que se relacionan con ella. Los ejemplos que muestro a continuación, destacan sobre todo el vínculo entre la ciencias, las matemáticas y la tecnología. En ellas se emplean distintos tipos de sensores, y software o aplicaciones en diferentes dispositivos.

Siguiendo trayectorias por parejas

Esta propuesta se enmarca en el contexto de estudiantes de 3º de ESO, pero es fácilmente adaptable a otros niveles (Cruz, 2017). Su finalidad es que los escolares estudien, a través de su movimiento, el significado de la resolución de un sistema de ecuaciones lineales a partir de la simulación de la intersección de dos rectas que relacionan un espacio recorrido con un tiempo empleado. Para la puesta en práctica de esta tarea se usan dos sensores de movimiento conectados a un ordenador mediante el programa gratuito *Logger Lite*, ambos de Vernier⁶. Una vez conectados los sensores

⁶ <http://www.vernier.com>

por USB o por Bluetooth a un ordenador, el programa puede proponer una gráfica aleatoria que muestra la posición de un móvil con respecto al lugar ocupado por uno de los sensores. Cuando se activa, un sujeto debe posicionarse y desplazarse delante del sensor, mientras éste, en tiempo real, mide la variación de la posición con respecto al tiempo y la representa junto a la gráfica original. Al conectar dos sensores, el programa muestra simultáneamente dos gráficas en colores diferentes. En la Figura 1 se muestra la gráfica generada por el programa (poligonal) y la que genera un escolar cuando se mueve frente al sensor de movimiento. En la imagen se ve cómo un escolar consigue identificar los intervalos de decrecimiento y de crecimiento, aunque no acierta con precisión con la posición inicial y final.

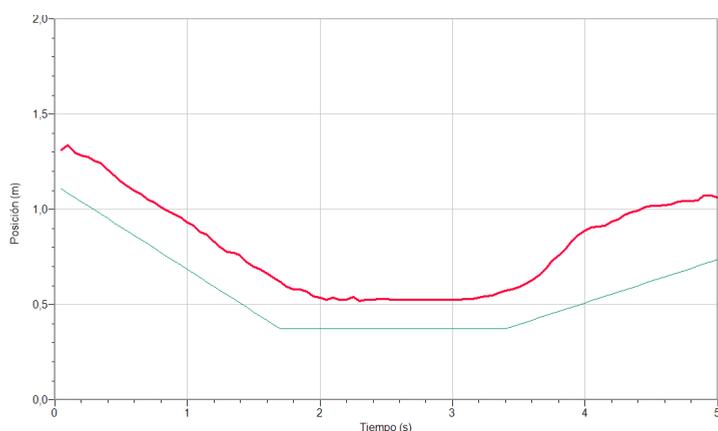


Figura 1. Siguiendo una trayectoria (Cruz, 2017, p. 28)

Tras varios intentos en los que varios escolares trataron de pulir esos errores y después de realizar pares de movimientos por parejas, respondieron una serie de cuestiones sobre el comportamiento de las funciones representadas y finalmente abordaron la reproducción de un punto de corte mediante su movimiento (Figura 2, a y b).

Como se observa en las imágenes, algunos estudiantes que consiguen comenzar en una posición acertada, evidencian ciertas dificultades para reproducir con su movimiento los intervalos de crecimiento (Figura 2a) mientras que a otros (Figura 2b), les cuesta identificar el crecimiento de las funciones en términos de la velocidad correcta de su cuerpo.

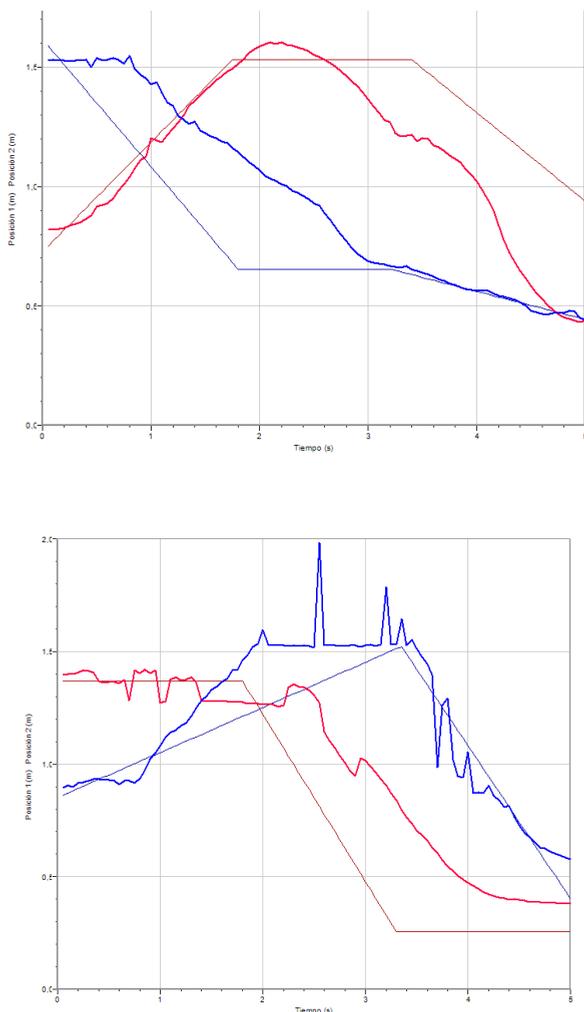


Figura 2 (a y b). Intersección de dos gráficas espacio-tiempo (Cruz, 2017, p. 30)

Esta actividad articula varias habilidades fundamentalmente propias de matemáticas, pero con un fuerte vínculo de actuaciones físicas y de manejo e interpretación de dispositivos tecnológicos. Los resultados evidenciaron un desempeño notable en destrezas técnicas y carencias claramente visibles en la argumentación en contextos aplicados. Esto último resulta clave en términos de la competencia STEM y pone de manifiesto la importancia de hacer más habituales propuestas didácticas con esa orientación y avanzar en su diseño.

¿Cómo voy de rápido?

En la actividad anterior la magnitud física velocidad juega un papel importante en la interpretación de la gráfica generada. En esta otra propuesta, introduciremos cómo se pueden usar otros programas informáticos gratuitos para modelizar matemáticamente un fenómeno de aceleración o de desaceleración cuando un sujeto realiza una carrera.

En la Figura 3 muestro la pantalla principal del programa Tracker⁷, cuando se ha cargado en él un vídeo previamente grabado, en el que un estudiante realiza una carrera a lo largo del ancho de una pista deportiva acelerando desde un extremo y frenando en el otro (Hitt, 2018). Tracker permite situar un eje de coordenadas (izquierda de la imagen) además de incluir medidas reales de donde se han grabado las imágenes (15 metros de anchura de la pista en la imagen). Después de seleccionar cada cuantos fotogramas se desean capturas datos, se señalan marcas sobre el sujeto mientras realiza su carrera (círculo sobre la cadera del estudiante corriendo) y cuando esas marcas se compilan, se muestran los datos de tiempo y espacio recorrido y la gráfica consecuyente (parte derecha de la Figura 3). Con esos datos, ya se pueden explorar aspectos como tiempo total de carrera, tiempos de aceleración y frenado o el momento en el que se alcanza la máxima velocidad, entre otros. Pero si esos datos se exportan a otro programa gratuito como GeoGebra⁸, podemos además modelizar el movimiento del sujeto mediante alguna función.

En GeoGebra se crea una lista con los valores recogida con Tracker, se representan como una nube de puntos y ahora se explora qué función se ajusta mejor a ellos. Al observar un intervalo de concavidad y otro de convexidad, puede sugerirse una función polinómica de grado 3 (Figura 4), si bien la hipótesis de que puede vislumbrarse un movimiento periódico, invita también a probar con una función seno, con la que también se consigue un buen ajuste (Figura 5). En ambos casos, la aproximación debe restringirse al intervalo en el que se han tomado los datos. Si ahora se

⁷ <https://physlets.org/tracker/>

⁸ <https://www.geogebra.org>

construye la recta tangente a cualquiera de esas curvas, se puede abordar el estudio de la velocidad de un modo más preciso que con la exploración con Tracker.

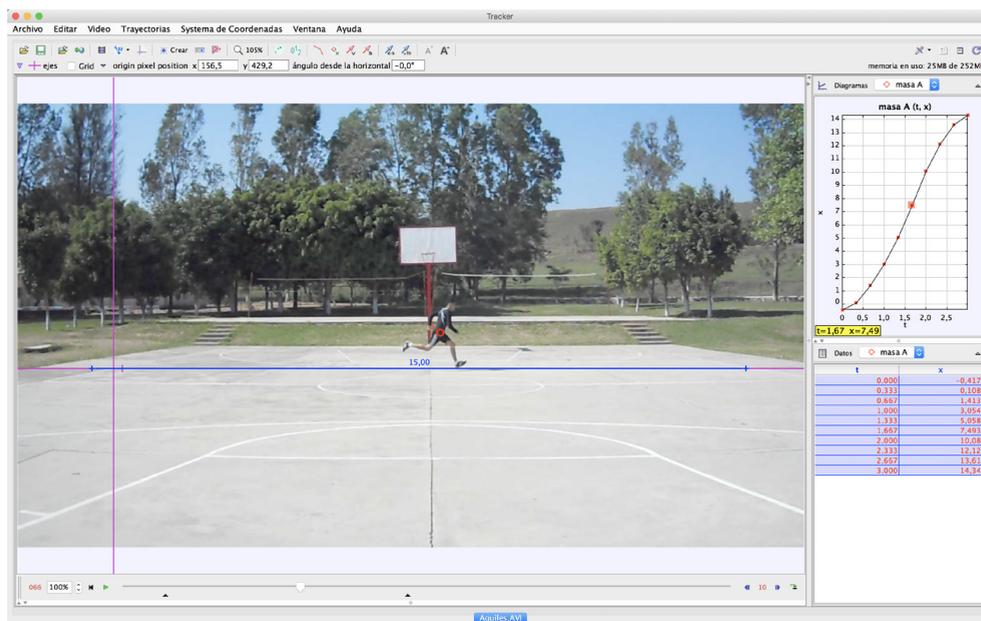


Figura 3. Recopilando y organizando datos con *Tracker* (Hitt, 2018)

En todo caso, el análisis del movimiento analizado desde la Física, permite concretar que ambos movimientos, el de aceleración y el de desaceleración, podrían modelizarse por separado con una función cuadrática, añadiendo otro punto de interés a la actividad. Al tratarse de usar programas informáticos libres, que además funcionan en entornos Linux, MacOS y Windows, su uso y aplicación en el aula es sencillo. Y el hecho de que el punto de partida sea un fenómeno real que se puede capturar incluso con la cámara de un teléfono móvil, brinda una oportunidad accesible de exploración de situaciones reales desde las herramientas de las Ciencias y las Matemáticas con un uso muy racional y práctico de la Tecnología.

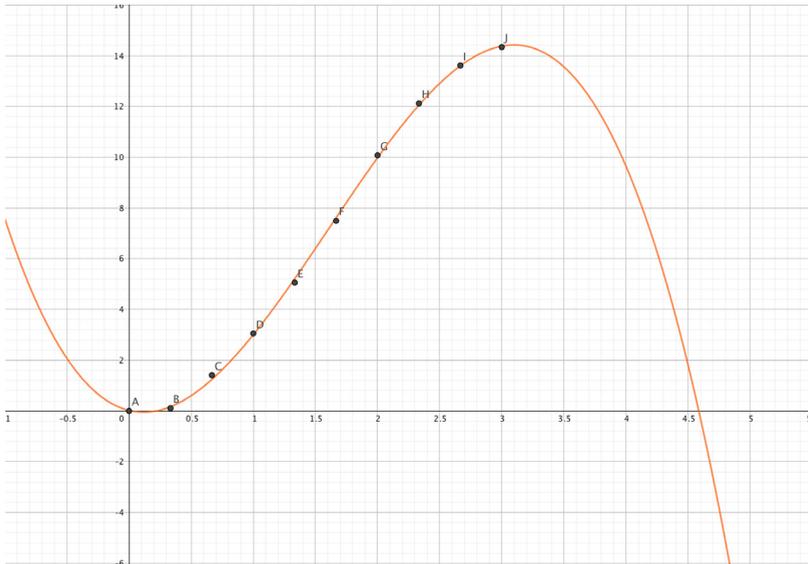


Figura 4. Aproximación de datos mediante un función polinómica

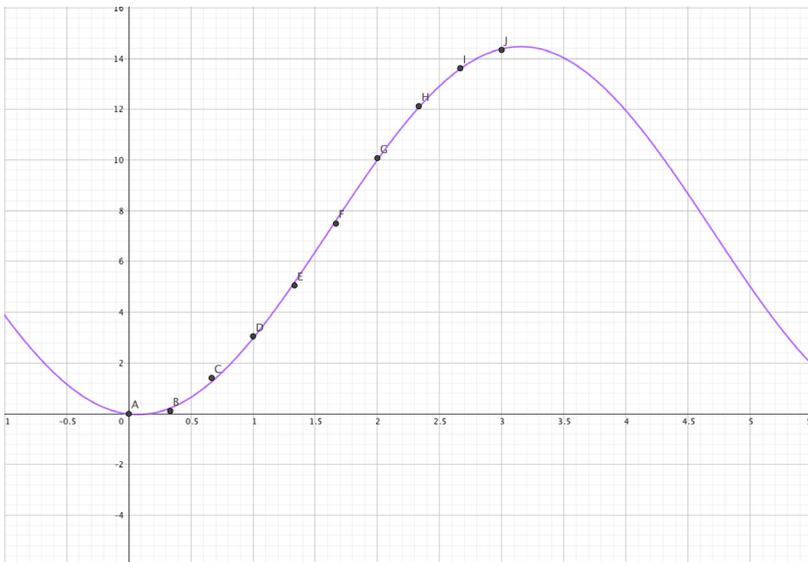


Figura 5. Aproximación de datos mediante una función trigonométrica

UNA REFLEXIÓN FINAL

Aunque en el panorama educativo español no se considera de manera expresa la competencia STEM, el carácter integrador que aúna en el currículo como una sola competencia la formación en Ciencias, Matemáticas y en Tecnología, hace que sean especialmente prácticos y aplicables los recursos sobre STEM a los que es sencillo acceder. Con estas tareas he tratado de ejemplificar la orientación de esa formación holística. Por otro lado, he pretendido con mucha modestia pero con más ilusión, brindar un sencillo homenaje a dos de mis mejores amigos, de los que solo guardo buenos momentos en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Granada y los que realmente admiro como profesores. Yo tampoco olvido a los buenos maestros...

REFERENCIAS

- BABACI-WILHITE, Z. (Ed.) (2016). *Human rights in language and STEM education: science, technology, engineering and mathematics*. Boston, MA: Sense Publishers.
- BENJUMEDA, F. J. y ROMERO, I. M. (2017). Ciudad Sostenible: un proyecto para integrar las materias científico-tecnológicas en Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 14(3), 621-637.
- BERUBE, C. T. (2014). *STEM and the city: a report on STEM education in the great American urban public school system*. Charlotte, NC: Information Age Publishing.
- CREMADES, R. (1999). *Nadie olvida a un buen maestro*. Madrid: Espasa Calpe.
- CRUZ, A. (2017). *Activando y analizando la competencia STEM. Intervención en un aula de Secundaria*. Trabajo de Fin de Máster. Universidad de Granada.
- FELDER, R. M. & BRENT, R. (2016). *Teaching and Learning STEM: a Practical Guide*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- ISABELLE, A. D. & ZINN, G. A. (2017). *STEP to STEM. A Science Curriculum Supplement for Upper Elementary and Middle School Grades – Teacher's Edition*. Boston, MA: Sense Publishers.
- HAN, S., CAPRARO, R. M. & CAPRARO, M. M. (2016). How science, technology, engineering, and mathematics project based learning affects high-need students in the U.S. *Learning and Individual Differences*, 51, 157-166.

- HITT, F. (2018). *La modelación matemática y nuevas tendencias en la enseñanza en ambientes TICE*. Conferencia en Seminario Tecnología y Educación Matemática, 22 de enero, Universidad de Granada.
- JOHNSON, C. C., PETERS-BURTON, E. E. & MOORE, T. J. (2015). *STEM Road Map: A framework for integrated STEM Education*. London: Routledge.
- LEMOV, D. (2017). *Aprende las 62 técnicas que utilizan los mejores profesores*. Madrid: Magister.
- LUPIÁÑEZ, J. L. y RUIZ-HIDALGO, J. F. (2016). *Diseño de tareas para el desarrollo de la competencia STEM: los problemas de modelización matemática*. Blog Educ@conTIC. Disponible en: <http://www.educacontic.es/en/blog/disenode-tareas-para-el-desarrollo-de-la-competencia-stem-los-problemas-de-modelizacion>.
- ROMPELLA, N. (2015) (Comp.). *STEM*. Greensboro, NC: Carson-Dellosa Publishing Group.
- SAHIN, A. (Ed.) (2015). *A practice-based model of STEM teaching: STEM students on the Stage (SOS)*. Boston, MA: Sense Publishers.
- TAUB, M., AZEVEDO, R. BRADBURY, A. E. & MILLAR, G. C. Using sequence mining to reveal the efficiency in scientific reasoning during STEM learning with a game-based learning environment, *Learning and Instruction* (2017), <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.08.005>.