

## **Revisión sistemática y estudio empírico sobre el conocimiento matérico conducentes a la generación de nuevos métodos y material didáctico aptos para el aprendizaje**

**Bernat Faura López de Haro, José Luis Lapaz Castillo**

ESEIAAT. Departament d'Enginyeria Gràfica i de Disseny (UPC)

**Javier Peña Andrés**

ELISAVA. Director General (UVic-UCC)

### **Resumen**

Esta investigación se centra en analizar los retos y oportunidades del conocimiento Matérico en alumnos K5-K12, mediante un estudio del estado del arte. En primer lugar, se explica la problemática asociada al conocimiento de la Materia y los elementos de tabla periódica en la actualidad, al mismo tiempo que se analizan corrientes pedagógicas innovadoras actuales con el fin de encontrar experiencias e investigaciones destacadas.

El objetivo es analizar qué se está haciendo, como, cuando y para quien mediante la revisión de artículos científicos a partir del 2011 (inclusive).

### **Abstract**

This research focuses on analyzing the challenges and opportunities of Subject knowledge in K5-K12 students, through a study of the state of the art. In the first place, the problems associated with the knowledge of Matter and the elements of the periodic table at present are explained, at the same time that current innovative pedagogical currents are analyzed in order to find outstanding experiences and research.

The objective is to analyze what is being done, how, when and for whom by reviewing scientific articles from 2011 (inclusive).

## 1. Introducción

Existe una problemática y debate global respecto al modelo pedagógico actual y su adaptación a la realidad. El objetivo de esta investigación pretende focalizar y establecer los retos que rodean el conocimiento de la Materia en el público K-12<sup>1</sup>.

La publicación *The Future of Materials Science and Materials Engineering Education* (NSF, 2009)<sup>2</sup> ya en 2009 proclamaba la necesidad de aproximar la ciencia de los materiales a la educación, como elemento fundamental para afrontar la compleja realidad multidisciplinaria y cambiante.

Con el objetivo de investigar la problemática presentada se analizarán movimientos pedagógicos innovadores a nivel global y los desafíos que éste presenta en el campo de la Materia. Está constatado que el uso de metodología según los movimientos pedagógicos multidisciplinarios (STEM) fomentan la creatividad y la resolución de problemas complejos (Kim & Park, 2012).

Como indican la multitud de libros y documentación consultada, es un momento crucial en la historia de la pedagogía científica. Los autores (Claris & Riley, 2012) relatan la situación del contexto previo por el cual se ha establecido la importancia de generar un cambio global en el modelo pedagógico actual.

Las vocaciones tecnológicas están decreciendo en la actualidad y los retos que plantea el futuro no hacen más que aumentar, por lo que existe una clara disrupción y problemática que hay que afrontar. Aspectos como el aumento exponencial de la población del planeta, el fin de los recursos naturales y el aumento de la contaminación, requiere de la

---

<sup>1</sup> K-12 es una definición que popularmente se utiliza en Norte América para definir las edades educativas comprendidas entre el "Jardín de Infancia" y el "12º grado". En cada país tiene su propia legislación educativa, K-12 puede englobar desde los 4 años de edad hasta los 16. En el ámbito español equivale al segundo ciclo de Educación Infantil (3-5 años) y la enseñanza Primaria (6-11).

<sup>2</sup> NSF (National Science Foundation, <https://www.nsf.gov/>)

necesidad de profesionales capaces de asumir los retos que se encontraran las nuevas generaciones, como indican los autores (Gu & Belland, 2015) dónde destacan la importancia de cambiar el modelo pedagógico para adaptarlo a los nuevos retos.

Es por ese motivo, la necesidad de perfiles transversales y completos se percibe más importante que nunca. Aspectos que promueve, entre otros, el movimiento STEM, se han convertido en prioritarios para los estados de todo el mundo y de una relevancia vital, como lo muestran multitud de artículos centrados en su implementación en centros escolares con resultados de éxito demostrados tanto en educación secundaria como elemental (Asghar, Ellington, & Rice, 2012; Eđitimi et al., 2014).

Estamos en un momento histórico dentro de la filosofía pedagógica, dónde la complejidad y rapidez con la que avanza la tecnología, obliga a un modelo pedagógico más eficaz y flexible centrado en generar los profesionales capaces de solucionar problemáticas transversales y cambiantes de modo multidisciplinar y creativo. Tal y como se comenta en multitud de artículos como el de los autores (Jeong, González-Gómez, & Prieto, 2020; Nadelson & Seifert, 2017) relatan la importancia de adaptare a las nuevas tecnologías para poder asumir los retos de la integración científica en la pedagogía moderna.

La Materia puede resultar un concepto clave en el entorno complejo y transversal que se presenta, por lo que hay que actualizar el modelo pedagógico tomando atención en el peso que ésta tiene y transmitir los conocimientos competenciales de modo eficaz como indican los autores (Cao, Ma, & Yu, 2021), donde se relata la importancia que debe tomar el conocimiento de la materia en especial relativo a la energía y la química para reducir los problemas relativos a las energías de origen fósil actuales.

### 1.1. Contexto de la reflexión

Con el objetivo de llevar a cabo un plan piloto se contactó con diferentes centros escolares de la ciudad de Barcelona, que estuvieran interesados en incorporar metodología innovadora en el marco de la renovación pedagógica actual, centrados en la Materia.

El marco donde se realizará el trabajo de experimentación y recopilación de datos, será en la Escola Lurdes<sup>3</sup>, un centro de educación primaria, referente de la ciudad de Barcelona fundada el año 1880 y con marcada innovación en el aspecto pedagógico como lo demuestra el proceso de interiorización diario que realiza en sus alumnos, referente y objeto de estudio pedagógico por otros centros.

Este proyecto se engloba en la metodología del aprendizaje por proyectos, que se está ejecutando cada vez en más centros y con resultados constatados y demostrados en multitud de artículos publicados en revistas de pedagogía.

Se realizará un plan piloto de una metodología innovadora i disruptiva para incorporar conocimiento matérico a alumnos k-12 mediante el aprendizaje por proyectos. Al mismo tiempo que se implementará y comunicarán los resultados mediante los artículos de la manera que detallaremos en los puntos de metodología que encontramos más adelante en el documento.



Imagen 1. Taller impartido dentro proyecto Materia para conocimiento del Átomo en Escola Lurdes.

Fuente: Escola Lurdes.

---

<sup>3</sup> Escola Lurdes. <http://www.escolalurdes.cat/>

## 1.2. Problemática

En primer lugar, se ha realizado un estudio del recorrido completo dentro el modelo educativo español, para tener una visión general y cronológica del contenido relativo a la Materia.

El objetivo es analizar todo el recorrido educativo, empezando por la educación primaria, la educación secundaria obligatoria (E.S.O.) y el bachillerato tecnológico, ya que es el más científico y por lo tanto el que más competencias relacionadas con la Materia tiene.

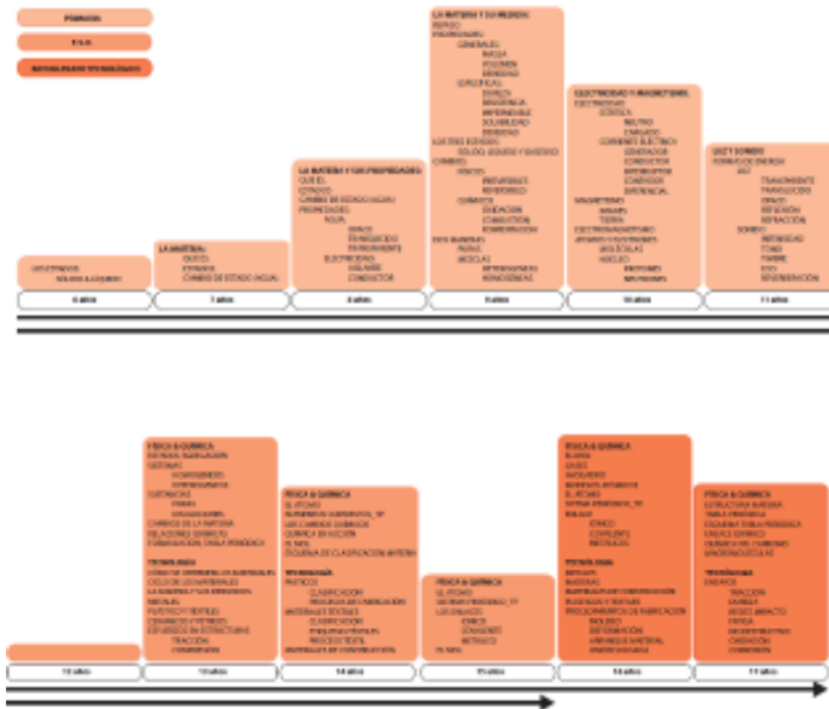


Figura 1. Gráfico del peso del conocimiento de la Materia a lo largo del sistema educativo. Fuente: Material propio

El motivo por el cual se ha realizado el estudio de todo el ciclo completo y no solo educación primaria, es visualizar el volumen y desarrollo para analizar la coherencia y progresión en todo el recorrido.

El objetivo no es centrarse en el temario concreto sino en el volumen como idea aproximada del peso académico.

Al analizar el contenido curricular oficial, se observa que el contenido relativo a la Materia tiene las características siguientes:

- Los contenidos son muy genéricos y no están relacionados entre sí, ni tienen orden concreto.
- No establece un ritmo de aprendizaje claro, ni ningún lenguaje para fundamentar los conocimientos.
- Pierde peso en el ciclo medio respecto al inicial. Eso se debe al concepto de la Energía que se describe sin relación alguna con la Materia.
- No explica el fenómeno intrínseco de la Materia que genera el magnetismo.
- No relaciona conceptos como reciclaje o biodegradable con la Materia.
- Aparecen conceptos complejos (oxidación, fermentación, etc.) en el ciclo superior sin relacionarlos con los motivos que los causan a nivel interno de la Materia.
- La tabla periódica aparece a los doce años, tarde y de forma muy teórica y memorizada.

Relativo a la transmisión de conocimiento relativo a la Materia, se constata que existe incoherencia ya que la mayoría de conocimientos impartidos en la asignatura tienen un modelo BOTTOM-UP, mientras que en la parte relativa a Materia la transmisión de conocimiento es por el contrario TOP-DOWN. Esto implica que los conocimientos no quedan bien estructurados ni arraigados por parte del alumno. Éste hecho explica como los adultos de la sociedad actual tienen los

conceptos relacionados con la Materia totalmente difuminados y mezclados.

El peso que tiene la Materia en la educación primaria está mal planteada y es incoherente con el resto del temario impartido dentro de la asignatura de Ciencias de la Naturaleza.

Estos datos son una prueba del nivel con el cual los alumnos empiezan la educación secundaria obligatoria. En dicho ciclo las bases no han sido implantadas y por lo tanto el grado de entendimiento es mínimo.

Por otro lado, la forma como se trata el concepto de la Materia no es coherente con el nuevo modelo pedagógico de la novaescuela21<sup>4</sup>. La Materia, principio presente en infinidad de elementos, objetos y problemáticas que nos rodean, no es de justicia que no tenga más peso y una estructuración eficaz competencial en el plan oficial. Hay que remarcar su relevancia y relación con temáticas tan importantes en el presente y futuro.

Una vez analizada la posición de la Materia, se intuye que el problema persistirá aunque el modelo pedagógico evolucione, si no hay voluntad de modificar y actualizar el temario y los contenidos impartidos. Se entiende que el problema es el CÓMO el QUÉ y el CUÁNDO.

### 1.3. Objetivos

El objetivo de la investigación se centrará en analizar detenidamente los aspectos siguientes:

- Analizar la problemática sobre el conocimiento matérico y en concreto de los elementos de la tabla periódica en los alumnos que salen de la educación obligatoria.

---

<sup>4</sup> Escolanova21 es una alianza que impulsa un proceso de trabajo conjunto entre escuelas, comunidad educativa, administraciones públicas, universidades e instituciones internacionales para en un sistema educativo avanzado. <http://www.escolanova21.cat>

- Generar material didáctico que fundamente las competencias centradas en el conocimiento científico, en concreto de la Materia, y que al mismo tiempo sea multidisciplinar, mediante el espacio del

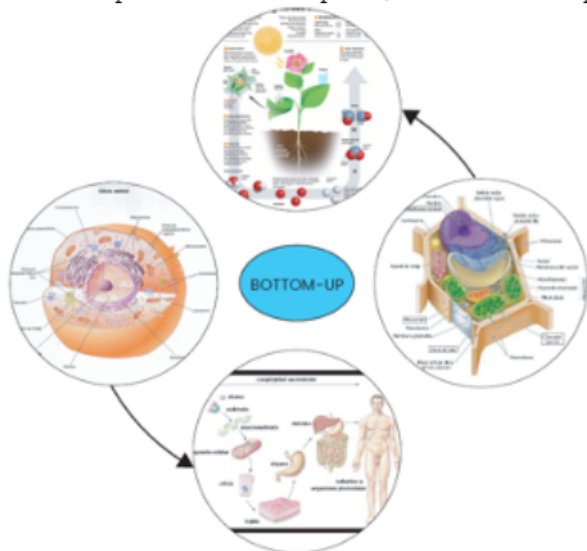


Figura 2. Modelo BOTTOM-UP, ejemplos.

Fuente: Material propio

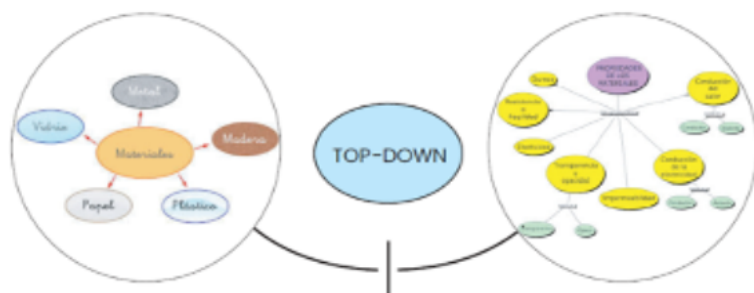


Figura 3. Modelo TOP-DOWN, transmisión Materia.

Fuente: Material propio



aprendizaje por proyectos, corriente al alza en las escuelas del territorio catalán, en alumnos k12.

- Comparar y verificar dicho material con expertos en implantación de conocimiento científico mediante métodos innovadores del panorama internacional.

- Validar y comprobar la mejora referente a conocimiento matérico y multidisciplinar, mediante la utilización de material didáctico centrado en entender y utilizar la Materia como nexo común de conocimiento interdisciplinar.

- Realizar un programa de implementación de la Materia en público K12, mediante actividades validadas, haciendo uso de metodología colaborativa y OPEN ACCESS<sup>5</sup>, con el fin de compartir y ampliar el conocimiento de dicha materia con docentes de distintas disciplinas y localizaciones.

#### **1.4. Pregunta inicial**

Hacer una aproximación más acotada de las cuestiones de hipótesis antes mencionadas es básico para focalizar la investigación. La cuestión elegida para precisar la búsqueda puede ser la siguiente:

*Fomentar el conocimiento Matérico en alumnos k-12 de manera multidisciplinar, acelera y estructura la comprensión y el conocimiento de los fenómenos físico y químicos y por lo tanto genera perfiles con mejores aptitudes científicas?*

#### **1.5. Formato de la investigación**

El formato de la tesis deberá resolverse por compendio de artículos de índice y calidad científica que detalla el programa de doctorado.

---

<sup>5</sup> OPEN ACCESS, es el acceso inmediato, sin requerimientos de registro, suscripción o pago, es decir, sin restricciones.

Más adelante, en el apartado de metodología, se describirán las características que se quieren desarrollar en dichos artículos.

## 2. Metodología

Como se ha introducido anteriormente en el documento, la metodología para realizar esta investigación se realizará mediante compendio de artículos científicos, según las especificaciones del doctorado.

La tipología de artículos que se espera obtener son los siguientes:

### 2.1. Revisión sistemática

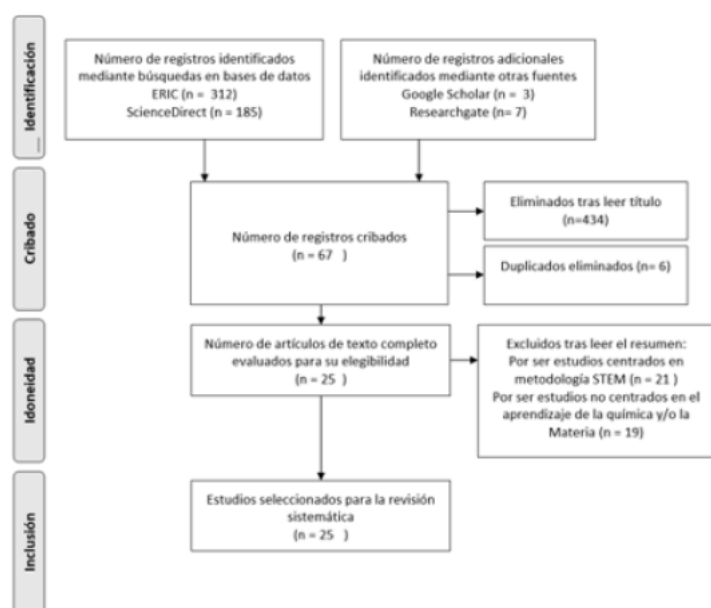


Figura 4. Proceso de revisión sistemática.

Fuente: Material propio

En el primer artículo realizaremos el estado del arte, mediante una revisión sistemática de la literatura relativa a la hipótesis planteada. Esta revisión sistemática está en desarrollo, por lo que ya podemos establecer los aspectos siguientes:

La revisión sistemática se realiza según los criterios de PRISMA, y sus especificaciones.

El primer aspecto relevante es que acotamos la búsqueda a las publicaciones realizadas desde el 2011 (inclusive), con la finalidad que todo el material revisado sea actual y coherente con las metodologías pedagógicas actuales.

Dado que el conocimiento Matérico como tal no aparece en ningún artículo relevante, definimos la estrategia de palabras clave siguiente:

Teaching periodic table, Chemistry education, k12, Teaching chemical elements. Estos son los conceptos utilizados mediante combinaciones de operadores booleanas (AND, OR, NOT) para focalizar que palabras aportaban más artículos relevantes para el estudio realizado.

Por otro lado, se decide prescindir de la palabra STEM, dado que al ser un corriente pedagógico metodológica de actualidad aportaba infinidad de artículos cuya relevancia para la investigación era mínima. Aunque se realizará una breve investigación relativa a la edad para incorporar conocimiento científico.

Para la revisión sistemática se han utilizado las bases de datos siguientes:

- ERIC (Education Resources Information Center), se centran en la investigación educativa y contienen más de 1500 revistas científicas entre ellas.
- ScienceDirect es una plataforma de texto completo de Elsevier (Scopus) para revistas y libros científicos y técnicos.
- Por último, se añadirán de forma manual algunos artículos relevantes encontrados en Google Scholar.

## 2.2. Trabajo de exploración

Mediante el plan piloto y la colaboración de los docentes de la Escola Lurdes, se realiza un proceso de inmersión que podemos decir que está en fase avanzada, en la cual estableceremos un modelo pedagógico fundamentado en el aprendizaje por proyectos en alumnos a partir de primero de primaria (6 años), con el objetivo que el modelo vaya incorporando conocimiento para así cubrir todo el ciclo de primaria (hasta los 12 años).

El objetivo de las actividades planteadas es entender la Materia como un código de la misma manera que lo son las letras en la escritura o las notas musicales en las partituras. De esa manera se ha decidido establecer las vocales de dio código y formar combinaciones entre ellas para que el alunado entienda las vinculaciones y relaciones entre ellas. Esta estrategia se fundamenta en la investigación realizada por el cotutor de la investigación, Javier Peña Andrés, los cuales ha publicado en una trilogía de libros (que se ampliará próximamente), cuyo nombre son: Elementos. Estos libros están referenciados en la bibliografía y resumidos los aspectos fundamentales que justifican la creación y estrategia de dicho código en los referentes bibliográficos de este documento.

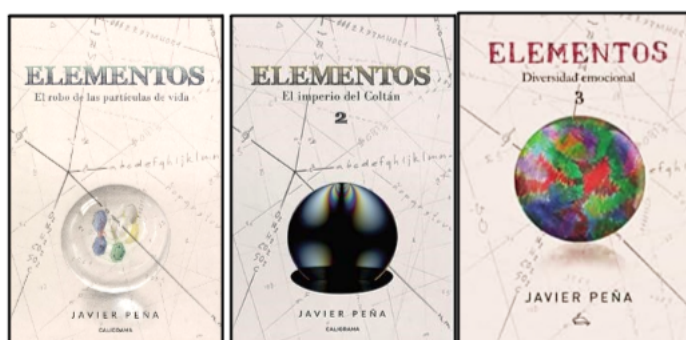


Imagen 2. Portadas de la trilogía “ELEMENTOS” de Javier Peña Andrés. Fuente: Internet

Las “vocales” del código Matérico se han establecido en el orden siguiente:

- Carbono, el elemento de la vida.
- Oxígeno, el elemento de la respiración y la oxidación.
- Hidrógeno, el elemento de la energía
- El Hierro, el elemento que nos polariza.
- El Silicio, el elemento que nos comunica.

De este modo también formamos las primeras “palabras” o “sílabas” mediante el código Matérico tales como:

- CO<sub>2</sub>, dióxido de carbono, fundamental para entender aspectos como la fotosíntesis o el cambio climático.
- H<sub>2</sub>O, El agua,
- Los hidrocarburos (HC) comúnmente obtenidos del petróleo y de los cuales mediante la combustión o sinterización, obtenemos el combustible o bien el plástico convencional.

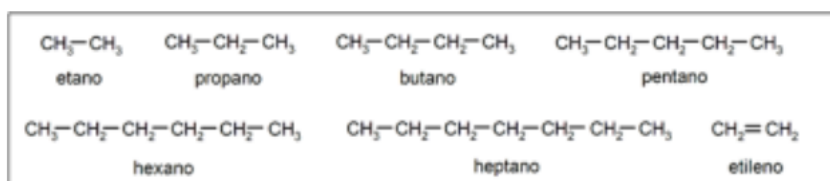


Figura 5. Modelos de Hidrocarburos. Fuente: Internet

La fase de exploración se encuentra en pleno desarrollo y mediante reuniones periódicas con el centro educativo vamos definiendo las actividades que tienen que definir y generar el conocimiento.



Imagen 3. Actividad realizada para explicar y entender el Carbono.

Fuente: Escola Lurdes

### 2.3. Construcción de un modelo de análisis

Mediante la realización de las actividades y las fichas para plasmar el conocimiento adquirido realizaremos el modelo de análisis el cual experimentaremos mediante el plan piloto.

Este plan piloto generará un material didáctico que será contrastado mediante metodología DELPHI<sup>6</sup> con 20 expertos a nivel internacional, de este modo podremos validar y ajustar el material generado para así implementarlo en el curso siguiente, mediante una mejora del experimento.

---

<sup>6</sup> Método Delphi, es una técnica de comunicación estructurada, desarrollada como un método sistemático e interactivo de predicción, que se basa en un grupo de expertos. Es una técnica prospectiva utilizada para obtener información esencialmente cuantitativa, pero relativamente precisa, acerca del futuro.

Este modelo y su validación mediante el método DELPHI generará el segundo artículo.

### 3. Conclusiones

El objetivo principal es reflejar todo el proceso de la investigación, el conocimiento y la evolución obtenida, al mismo tiempo que responder a la pregunta inicial.

Podemos concluir exponiendo el procedimiento esperado para la realización de la investigación mediante los puntos siguientes:

- Analizar el estado del arte relativo al conocimiento de la Materia en alumnos k12, mediante una revisión sistemática. Primer artículo.
- Definir un código de aproximación a la Materia.
- Investigar cuales son los elementos primarios y secundarios del código o método.
- Proyectar unas actividades formativas multidisciplinares dónde los alumnos puedan adquirir el conocimiento deseado de forma experimental y estructurada, mediante transmisión Bottom-Up.
- Contrastar dichas actividades mediante método DELPHI. Segundo Artículo.
- Implementar las mejoras en experimentos sucesivos que aporten datos cualitativos y cuantitativos.
- Avaluar y reflexionar sobre los resultados obtenidos.
- Implementar el sistema hasta que sea óptimo.
- Realizar la gestión estadística de los datos y propuesta de implementación del proyecto en otros centros mediante la estrategia OPEN ACCESS. Tercer artículo.

## Referencias

- Asghar, A., Ellington, R., & Rice, E. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 6(2). Retrieved from <http://docs.lib.purdue.edu/ijpbl/vol6/iss2/4/>
- Cao, J., Ma, D., & Yu, S.-H. (2021). Future directions of material chemistry and energy chemistry. *Pure and Applied Chemistry*, 0(0). <https://doi.org/10.1515/PAC-2020-1011>
- Claris, L., & Riley, D. (2012). Situation critical: critical theory and critical thinking in engineering education. *Engineering Studies*, 4(2), 101–120. <https://doi.org/10.1080/19378629.2011.649920>
- Eğitimi, F., Öğretmeni, A., Yansımaları, E., Sencer Corlu, M., Capraro, R.M., & Capraro, M.M. (2014). Introducing STEM Education: Implications for Educating Our Teachers For the Age of Innovation. *Eğitim ve Bilim Education and Science Cilt*, 39(171). Retrieved from <http://repository.bilkent.edu.tr/bitstream/handle/11693/13203/7283.pdf?sequence=1>
- Gu, J., & Belland, B.R. (2015). Preparing Students with 21st Century Skills: Integrating Scientific Knowledge, Skills, and Epistemic Beliefs in Middle School Science Curricula. *Emerging Technologies for STEAM Education*, 8(2015), 39–60. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02573-5>
- Jeong, J.S., González-Gómez, D., & Prieto, F.Y. (2020). Sustainable and flipped stem education: Formative assessment online interface for observing pre-service teachers' performance and motivation. *Education Sciences*, 10(10), 1–14. <https://doi.org/10.3390/educsci10100283>
- Kim, Y., & Park, N. (2012). The effect of STEAM education on elementary school student's creativity improvement. In *Communications in Computer and Information Science* (Vol. 339 CCIS, pp. 115–121). Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-35264-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-35264-5_16)
- Medina Gaité, V. (2017). Combinando El Método Científico Y El Trabajo Por Proyectos Para Alcanzar La Alfabetización Científica En Educación Infantil. Tabanque. *Revista Pedagógica*, 30(30), 53. <https://doi.org/10.24197/trp.30.2017.53-74>
- Nadelson, L.S., & Seifert, A.L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *Journal of Educational Research*. Routledge. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775>
- NSF. (2009). The Future of Materials Science and Materials Engineering Education. *Workshop on Materials Science and Materials Engineering Education*. [https://doi.org/NSF-DMR\\_0826749](https://doi.org/NSF-DMR_0826749)



- Peña Andrés, J. (2009). *Selección de materiales en el proceso de diseño: la naturaleza de la materia, plásticos, metales, cerámicas, compuestos, materiales adaptativos, fibra óptica y materiales para rapid manufacturing*. Ediciones CPG. Retrieved from <https://www.google.es/search?q=seleccion+de+materiales+en+el+proceso+de+diseño+javier+peña+pdf&oq=seleccion+demateriales+en+el+proceso+de+&aqs=chrome.2.69j57j014.1279j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Peña, J. (2018). *Elementos: El robo de las partículas de vida*.
- Peña, J. (2019). *Elementos: El imperio del Coltán 2*.
- Peña, J. (2020). *Elementos 3. Diversidad Emocional*.
- Saxton, E., Burns, R., Holveck, S., Kelley, S., Prince, D., Rigelman, N. et al. (2014). A Common Measurement System for K-12 STEM education: Adopting an educational evaluation methodology that elevates theoretical foundations and systems thinking. *Studies in Educational Evaluation*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2013.11.005>
- Shavinina, L. (2013). *The Routledge International Handbook of Innovation Education*. Routledge. <https://doi.org/doi:10.4324/9780203882993>
- Urban, M.J., & Falvo , D.A. (2016). *Improving K-12 STEM Education Outcomes through Technological Integration*. (M. J. Urban & D. A. Falvo, Eds.), IGI Global. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9616-7>
- Yakman, G. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. *J Korea Assoc. Sci. Edu*, 32(6), 1072–1086.