

UN VIAJE EN EL TIEMPO POR LA ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA EN ESPAÑA

José Manuel Pérez Martín

josemanuel.perez@uam.es

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

Recibido: 21 de abril de 2018

Aceptado: 20 de mayo de 2018

Resumen

En los últimos años, la enseñanza de las ciencias se ha encaminado hacia un enfoque integrado de los saberes y sus aplicaciones en la vida cotidiana que se ha denominado STE(A)M (del inglés Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). El objetivo de este trabajo fue analizar la evolución histórica de la enseñanza de las ciencias en España, a través de los manuales escolares del fondo bibliográfico del Centro de Documentación Infantil y Juvenil, Museo Pedagógico, de la Biblioteca de la Facultad de Formación de Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid que se datan hasta de finales del s. XIX. Los resultados de nuestro estudio demuestran que, en la educación científica en España, existe una tendencia histórica hacia la integración de las ciencias con la vida real hasta 1935, aunque sin alcanzar enfoques STE(A)M.

Palabras clave: Historia de la Educación; Enseñanza de las Ciencias; Manuales escolares; enfoque STEAM.

Abstract

The teaching of science recently has been focused towards an integrated approach to knowledge and its applications in everyday life that has been called STE(A)M (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). The aim of this work was to analyze the historical evolution of science education in Spain, through the textbooks of the of the bibliographic collection of the Children and Youth Documentation Center, Pedagogical Museum, of the Library of the Faculty of Teacher Training and Education of the Autonomous University of Madrid that date from 1870 to 1970. The results of our study show that, in scientific education in Spain, there is a historical tendency towards the integration of sciences with real life until 1935, although without reaching STE(A)M approaches.

Keywords: Education History; Science Teaching; School manuals; STEAM approach.

1.- Introducción

Las ciencias en el s. XXI

Las autoridades políticas y económicas del s. XXI consideran que existe la necesidad de formar ciudadanos científicamente competentes, ya que el avance hacia el futuro pasa por una sociedad que resuelva sus problemas a través de la ciencia, la tecnología y la innovación (Rocard et al., 2007). Sin embargo, cada vez hay una mayor desafección por las titulaciones superiores de corte científico.

Diferentes estudios han puesto de manifiesto que los estudiantes de secundaria no se sienten atraídos por ellas (Robles, Solbes, Cantó & Lozano, 2015). Entre otros motivos porque las metodologías son poco participativas y presentan un enfoque principalmente teórico (Vázquez & Manassero, 2007). Este hecho ha sido destacado entre los futuros maestros, que piden un cambio de enfoque formativo en las facultades de educación (García-Carmona, Cruz-Guzmán & Criado, 2014). En esta línea, el desinterés por las ciencias cada vez se produce en etapas educativas tempranas y varios autores lo marcan entre los 10 y los 12 años (Haworth, Dale & Plomin, 2008; Lindahl, 2007; Osborne & Dillon, 2008). Posiblemente se produce un contagio de la desafección por las ciencias desde los maestros hacia los estudiantes de educación primaria, debido al uso de metodologías poco participativas, memorísticas y desmotivadoras mencionadas anteriormente, lo que lleva a sus alumnos a autoexcluirse de la formación científica. Por todo ello, es fundamental intervenir a edades cada vez más tempranas para el fomento y rescate de vocaciones científicas.

Tomados en conjunto todos estos estudios en los diferentes niveles educativos, se observa que nos piden a los docentes de ciencias que hagamos unas aulas más participativas, experienciales y donde les enseñemos a razonar, de forma que les permitamos aprender pensando y haciendo ciencias (Furman, Poenitz & Podestá, 2012). Sin embargo, no podemos olvidarnos de que para ello es fundamental la capacitación de docentes de diferentes niveles educativos interesados por las ciencias.

Para definir esta necesidad de enseñar ciencias, desde finales del s. XX se acuñó el término alfabetización científica (Vilches, Solbes & Gil, 2004). Esto consiste en la distribución de contenidos básicos de ciencias para todos, y de que su enseñanza sea a través de la práctica científica en el contexto de la ciencia, la tecnología y la sociedad para que los ciudadanos tomen de decisiones fundamentadas en base al conocimiento científico (Bybee & DeBoer, 1994).

Con el fin de paliar la desafección por las ciencias potenciando la alfabetización científica, se está desarrollando intensivamente una nueva forma de abordar la enseñanza de contenidos científicos de forma multidisciplinar y aplicada mediante la implementación de programas STEM (del inglés *Science, Technology, Engineering and Mathematics*) o STEAM (donde la A hace referencia a *Arts*). Aunque estas siglas están muy en boga actualmente, tienen una larga trayectoria, ya que fue Dewey (1910) quien propuso una metodología de integración de contenidos y presentación práctica con

resolución de problemas (Corlu, Capraro & Capraro, 2014). Sin embargo, aún no tienen una actuación docente concreta y precisa a la hora de llevarlas a la práctica (Bybee, 2013; Heil, Pearson & Burger, 2011), y mientras que algunos siguen pensando en STE(A)M como la simple multidisciplinaridad, otros interpretan que la idea verdaderamente útil es la elaboración de propuestas didácticas que fomentan la alfabetización científica mediante el uso de contenidos y destrezas para resolver retos reales y de interés para el alumno (Bybee, 2013; Heil et al., 2011; Manzano Mozo, García & Fernández, 2017; National Research Council, 2011); lo que según diferentes estudios mejora la percepción por las ciencias de estos estudiantes (Tai, Qi Liu, Matese & Fan, 2006). Este nuevo marco pedagógico de las ciencias pretende fomentar en el alumnado la idea de que la alfabetización científica ayuda a resolver los desafíos económicos globales, favorece autoformación que será necesaria para adaptarse a los requisitos laborales y sociales del futuro, así como resaltar que es la herramienta fundamental para solucionar retos tecnológicos, sanitarios y medioambientales que nos aguardan (Heil et al., 2011; Toma & Greca, 2016).

Por el momento, la concreción de esta idea no es fácil, pero este enfoque nos tiene que hacer entender que el mundo real nos aboca a buscar soluciones desde múltiples perspectivas (Justi, 2006; Manzano Mozo et al., 2017), sobre temáticas que actualmente están separadas en asignaturas diferentes en la educación convencional.

Algunos ejemplos de estas metodologías de aula se están poniendo en práctica en diversos lugares del mundo fundamentalmente con alumnos de enseñanza secundaria. Podemos mencionar el proyecto ENGAGE (<https://www.engagingscience.eu/es/consorcio/>). Esta iniciativa a nivel internacional pretende promover la investigación y la innovación educativa responsables (Alcaraz-Domínguez, Garrido & Barajas., 2017), con una clara perspectiva STEM. En ella participan 14 instituciones de 13 países diferentes y su labor fundamental es el cambio de paradigma educativo para la enseñanza de las ciencias desde múltiples puntos de intervención, como la formación docente y la creación de recursos educativos. En su web podemos encontrar actividades para trabajar con alumnos de secundaria temas de actualidad con una perspectiva de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). En esta misma línea Toma y Greca (2016) sugieren que el desarrollo de propuestas STEM deben enfocarse a etapas educativas más tempranas, como la educación primaria. Según ellos, es un nivel educativo que permite la integración de contenidos más fácilmente que la educación secundaria, ya que los docentes imparten al mismo grupo de alumnos la mayor parte de las asignaturas, lo que no ocurre posteriormente. La intervención sobre la enseñanza integrada en educación primaria es una de las propuestas estrella de Jesuïtes Educatió, que recientemente cambiaron su modelo pedagógico con el fin de acercarse a propuestas del Horizonte 2020 que sugiere una educación científica integrada y de utilidad para el mundo actual y sus retos. En él se han reestructurado las etapas educativas, concretamente la que se denomina Nueva Etapa Intermedia (de 5º primaria a 2º enseñanza secundaria obligatoria). Allí se propone una organización del trabajo de los alumnos en grupos sobre los diversos contenidos del currículum de forma

integrada (trabajo por proyectos de forma colaborativa) fomentando el aprendizaje individual, grupal, el autoconocimiento, así como el espíritu crítico (Amor, Aragay & Navarro, 2017), lo que podría entenderse como una perspectiva STEAM.

La perspectiva STEM es novedosa y, sin lugar a dudas, aporta bondades formativas que debemos tener en consideración. Lo innovador de este enfoque es la concepción integrada de los contenidos y destrezas de las diferentes áreas de las ciencias de forma aplicada. Sin embargo, como ya hemos visto, la propuesta es antigua y quisimos saber si durante la historia de España, se han elaborado y utilizado múltiples materiales educativos que quizás plantearan propuestas metodológicas similares, donde el aprendizaje de las ciencias fuese integrador, aplicado y vivenciado. Por ello, el objetivo principal es analizar si las tendencias actuales en la enseñanza de las ciencias experimentales (STEM) tienen relación con alguna perspectiva didáctica puesta en práctica a lo largo de la historia educativa de España.

2.- Metodología

En la realización del trabajo hemos utilizado ejemplares del fondo bibliográfico del Centro de Documentación Infantil y Juvenil, Museo Pedagógico, de la Biblioteca de la Facultad de Formación de Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid (Tabla 1).

Los documentos han sido cuidadosamente manejados y fueron fotografiados con el fin de mostrar los detalles de relevancia para ilustrar el texto. Las imágenes fueron procesadas para crear las figuras que se muestran en el trabajo empleando el programa Adobe Photoshop CS3 (Adobe Systems Inc., EE.UU.).

3.- Resultados y discusión

3.1.- Lectura de manuscritos

El Centro de Documentación tiene un amplio fondo documental de manuales de enseñanza. Los más antiguos datan de las dos últimas décadas del s. XIX. Entre ellos podemos destacar los manuales denominados “*Lectura de manuscritos*” de Saturnino Calleja (Figura 1A). Las distintas reediciones de estos documentos cca.1888 son libros de pequeñas dimensiones, presentan una tapa dura y unas 130 páginas aproximadamente. Los ejemplares de este título no presentan cambios en su contenido con respecto a la primera edición, pero deben corresponder a fechas posteriores (cca.1901), ya que sí incorporan publicidad, en las últimas páginas, sobre otros libros de la editorial fechados en 1901. En todos ellos siempre se muestran diferentes textos como cartas, anuncios y notas, entre otros (Figura 1B), pero todos ellos con diferentes tipografías manuscritas, ya que el fin último de estos materiales era que el alumno aprendiera a leer documentos reales de diferentes contextos, como se explica en sus prólogos. Por ello se pueden considerar los manuales más prácticos y elementales de enseñanza, ya que trataban de alfabetizar en el ámbito de la lengua castellana escrita y leída a los alumnos.

LIBROS UTILIZADOS EN ESTE ESTUDIO			
TÍTULO	AUTOR	FECHA DE PUBLICACIÓN	SIGNATURA
Lectura de manuscritos	Saturnino Calleja Fernández	Cca. 1888	372.809.101/CAL
El primer manuscrito	José Dalmau Carles	1908	372.809.101/DAL
La educación por la vista	Ángel Bueno	1907	372.808.1/BUE
Lecciones de cosas (vol. III)	C.B. Nualart	1933	372.808.1/NUA
Albores de la enseñanza. Epítomes de las asignaturas de Primera Enseñanza Elemental	Saturnino Calleja Fernández (Ed.)	1900	372.86/ALB
Primeras nociones científicas	G.M. Bruño	1930	372.86/BRU
Ciencias Físicas y naturales	Juan Benejam	1907	372.85.1/BEN
Aritmética Teórico-Práctica para escuelas y colegios de 1ª Enseñanza	Emilio Moreno Calvete	1920	372.851.1/MOR
Elementos de Geometría puestos al alcance de los niños	Faustino Paluzie	1896	372.851.1/PAL
Geometría Elemental	Rafael Marimón	1925	372.851.1/MAR
Geometría. Las formas geométricas	Florentino Rodríguez	1934	372.851.2/ROD
Problemas de Matemáticas y Física para opositores a ingreso en el Magisterio Nacional	Escuela Española (Ed.)	1968	372.851.3/PRO
Geología y Biología General. Tomo II del curso de Historia Natural	Salustio Alvarado	1951	372.85.3/ALV

Tabla 1. Manuales escolares del Centro de Documentación Infantil y Juvenil, Museo Pedagógico, de la Biblioteca de la Facultad de Formación de Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid analizados en el estudio.

3.2.- Lecciones de cosas

Una vez iniciado el s. XX, este tipo de documentos evolucionan, y ya no sólo aparecen estos documentos que reflejan comunicaciones entre personas. En un primer momento, estos nuevos manuales que se encargan de esta función se denominaron “*El primer Manuscrito*”. Aquí mostramos ejemplares reeditados de 1908 hasta 1932, todos ellos publicados por José Dalmau Carles (Figura 2). En estos casos siguen presentado portadas duras con imágenes llamativas relacionadas con la educación (Figura 2A). Su extensión es mayor y llega en todos los casos a las 178 páginas. Como se ve en el índice (Figura

2B), en ellos se trataban temas variadísimos como la conducta en la escuela (*el buen escolar*), la conducta cívica (*caridad, la razón de la fuerza, la fuerza de la razón*), ciencias naturales (*La tierra es redonda, el aire es pesado, la luna, el barómetro, animales que han existido*) y sobre historia y cultura (*Cervantes, Isabel la Católica, Murillo*). Todo ello a través de lecturas de un entorno próximo o al menos que despierta la curiosidad o el interés del lector. Siguen estando escritos con tipografías manuscritas para mantener su utilidad para el mundo real. En estos manuales hay que destacar la presencia de grabados con muchos detalles que acompañan las descripciones de los textos (Figura 2C). También presentan ejercicios de evaluación con una línea pedagógica muy memorística (Figura 2D). Éstos se denominan “*ejercicios de reflexión*” y se presentaban tras un conjunto de lecturas de temas variados. En ellos se indican las tareas que el alumno debe realizar y se propone una guía para el docente con preguntas que pautan el debate que se sugiere debe tenerse con los alumnos sobre el tema. Ejemplos de este tipo de formas de evaluar el aprendizaje serían los siguientes. En la p.68 (Figura 2D izquierda) se puede leer: “**EJERCICIO DE REFLEXIÓN**”. “*Dígase el nombre de cada uno de los animales que aparecen en el grabado*”. Se muestra el grabado con animales y unos números que los marcan. “**Deber.** – *Escribir el nombre de cada uno de estos animales precedido del número correspondiente, y escríbase también lo que de ellos se sepa*”.



Figura 1. Manuales de Saturnino Calleja titulados “Lectura de manuscritos”. A. Panel superior, a la izquierda, ejemplar publicado cca.1888 y sus reediciones (centro y derecha) cca.1901. B.

Panel inferior, cartas, notas y anuncios con distintas tipografías manuscritas.

En la p. 69 (Figura 2D derecha) se dice: “(Hágase leer, copiar, aprender de memoria y recitar)”. Se presenta una poesía de Ramón de Campoamor, y al pie se recogen un conjunto de indicaciones que se califican de “CONVERSACIÓN”. Mostramos algunas de ellas: “¿Qué es un otero? - ¿Quién regresaba del otero? - ¿Qué hizo al regresar? [...]”.

En todo caso, este tipo de ejercicios tratan de fomentar un aprendizaje memorístico a través de la lectura o de la identificación de imágenes. Destacamos además que se proponen trabajos de expresión y comprensión orales que tienen que ver con textos de muy diversa índole y por lo tanto muy globalizadores (la Luna, la Tierra es redonda, las bombas de extracción, etc.) y, en ocasiones, transversales (conductas en el aula y en la sociedad). En este punto hay que señalar que se tratan temas de aplicación en la vida cotidiana y, en algunos casos puntuales, multidisciplinariamente. Por ello, podríamos decir que quizás estos manuales comenzaban a presentar los contenidos de manera que pudieran ser el germen de una didáctica que condujera a tendencias similares a la metodología STEM, aunque sus propuestas de evaluación estaban en las antípodas pedagógicas.

Al final de estos libros aparece un apartado a modo de glosario, denominado “*Léxico*” que define algunos de los términos que se utilizan en los textos, ayudando a la comprensión del contenido. Asimismo, presenta un apartado denominado “*Solucionario*”, donde se muestran las respuestas, lo que podría ser utilizado como guía para facilitar el trabajo del docente y/o para la autoevaluación de los alumnos.

Nos ha llamado la atención que estos libros fueran reeditados sin apenas cambios ni en su estructura ni en los contenidos que presentan. Sin embargo, llama aún más la atención que siendo idénticas las cartas que prologan todos ellos, la fecha sea diferente. En los cuatro casos se trata de una carta escrita en Gerona, el 4 de abril, pero en los ejemplares más antiguos (1908), la carta tiene fecha de 1908, y en los posteriores (1921 y 1932) tiene fecha de 1905. Quizás se trate de un error tipográfico, o incluso que ya en esta época se considerase más relevante un documento cuya reedición tuviese mayor trayectoria.

El culmen de este tipo de ediciones se alcanza con los manuales denominados “*Lecciones de cosas*”. Estos documentos mantienen la filosofía pedagógica que traían los anteriores escritos, pero alcanzan una extensión muy superior. Todo ello coincide con la expansión de la pedagogía de la Escuela Nueva. Estos manuales tienen como lema: “de la cosa a la palabra, de la palabra a la idea”; siguiendo el principio de intuición de Pestalozzi (De la Cruz Solís, 2008). En esta metodología se propone que el alumno alcance el conocimiento a través de lecturas de temas científicos, de la historia y mediante las biografías de personajes históricos, así como contextualizando situaciones próximas que rodean al niño (De la Cruz Solís, 2008; Somoza Rodríguez, Badanelli Rubio & Gómez Rodríguez de Castro, 2003). Sin embargo, como hay cosas muy alejadas de su contexto, se recurre al uso de imágenes, que en un inicio sólo son dibujos, posteriormente fotografías (Somoza Rodríguez et al., 2003). Lo que llevó a editores como José Dalmau

Carles a hablar de “lectura gráfica”, donde se sustituyen los nombres de los inventos o adelantos de la época por imágenes (Somoza Rodríguez et al., 2003).

A

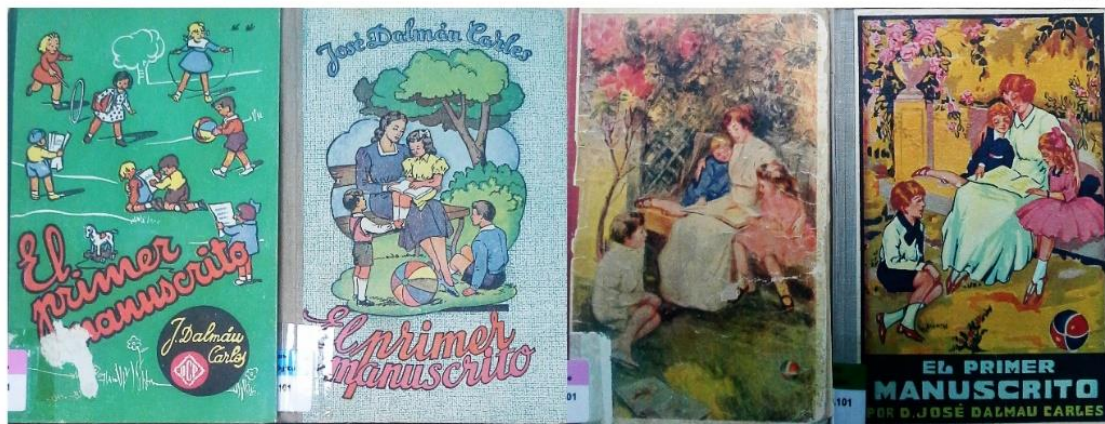


TABLA DE MATERIAS

Páginas	Páginas
Prólogo..... 5	Los volcanes..... 96
A la Patria..... 7	El mérito verdadero... 106
El buen estado..... 9	Guísera y Caldas..... 106
Caridad..... 11	Desde Granada..... 112
La razón de la fuerza... 15	Ejercicio de reflexión... 116
La fuerza de la razón... 29	La Mona. — Fábula... 120
Ejercicio de reflexión... 29	Santa Teresa de Jesús... 124
La Ambición. — Fábula... 28	Minas de carbón de piedra en actividad... 124
Cervantes..... 29	La hulla..... 124
Dos caudales..... 31	Amar al prójimo..... 128
La tierra es redonda... 34	Animales que han existido..... 134
El Diccionario..... 36	A un hermano..... 138
El aire es pesado..... 43	El hierro..... 142
Ejercicio de reflexión... 43	Ejercicio de reflexión... 144
Isabel la Católica..... 49	Los porticos..... 144
Una carta..... 53	La paloma..... 144
Tres noticias..... 53	Una sencilla..... 147
La luna..... 59	Un hermano más..... 155
La muerte..... 64	Esperanza..... 158
Ejercicio de reflexión... 64	Los porticos..... 160
La Condición. — Décima... 69	Ejercicio de reflexión... 160
Salinas..... 70	Consejos a una niña... 164
Las Bonitas..... 70	San de Mariana..... 164
Gratitud..... 76	El alburro y la liebre... 164
El Socorro..... 81	Los verbos..... 168
La Amistad..... 81	Toda por la Patria... 174
Oración hecha..... 90	Lo que se debe..... 174
Ejercicio de reflexión... 90	Guía para los ejercicios de reflexión..... 178
Moraleja..... 96	



D

EJERCICIO DE REFLEXIÓN
Dadas el nombre de cada uno de los animales que aparecen en el gráfico.

La Condición
DÉCIMA

Al regresar del otro,
Sieno de gozo y cariño,
Se dio a una niña y un niño
Dos pajaros un cabrero.
Pándolos un beso primero,
La niña al supo soltó;
Al pájaro que quedó,
No se le pudo soltar,
Porque el niño, por jugar,
El cuello le retorció.

Ramón de Campoamor

Deber. — Escribir el nombre de cada uno de estos animales, precedido del número correspondiente, y escribir también la que de ellos se vean.

Figura 2. Manuales de “El primer manuscrito” de José Dalmau Carles. A. Panel superior, a la izquierda, se muestra la edición más antigua fechada en 1908, el ejemplar contiguo tiene fecha de 1921 y es idéntico en contenido, salvo algunas cuestiones gráficas. Los dos ejemplares de más a la derecha tienen la misma fecha de publicación 1932 y su contenido académico vuelve a ser el mismo. B. Índice de la obra, igual en todas las ediciones. C. Gráfico que acompaña al texto explicativo y manuscrito, en este caso cuestiones físicas relacionadas con la presión atmosférica y el aire, pero aplicadas en la creación de bombas de extracción. D. “Ejercicios de reflexión”, evaluación de contenidos explicados anteriormente en los textos manuscritos.

Tal es el caso de un manual titulado “Educación por la vista” (1907) de Ángel Bueno y editado por Hijos de Santiago Rodríguez en Burgos (Figura 3A-B). Este documento, de tapa dura y 221 páginas, presenta una línea argumental relacionada con los entornos próximos de los alumnos, e incorpora imágenes de gran realismo (Figura 3C) que explicitan con detalle lo expuesto en el texto, lo que facilita al estudiante la comprensión, así como el reconocimiento de lo aprendido en el mundo que le rodea.

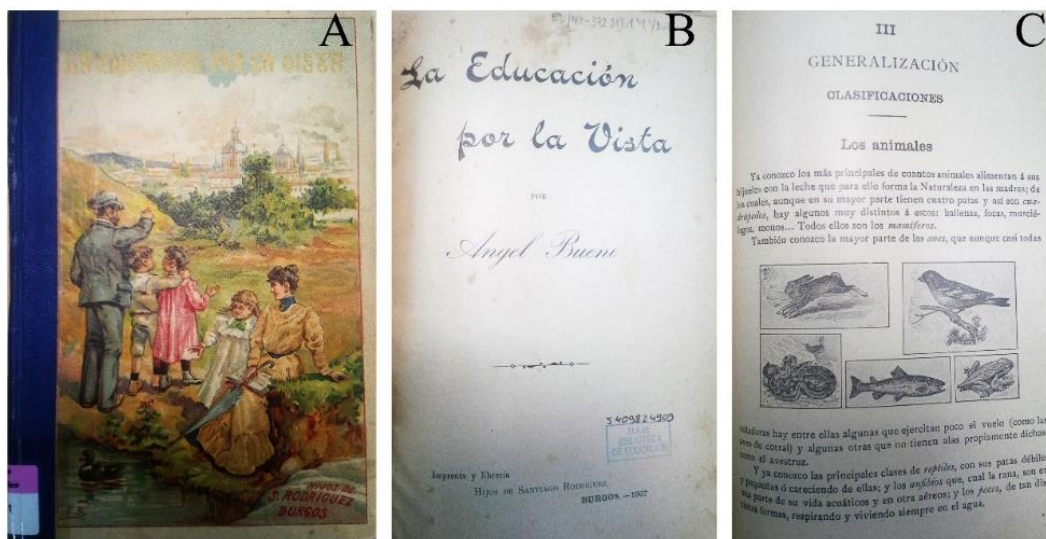


Figura 3. A-B. Manual de Ángel Bueno publicado en 1907 titulado “La Educación por la Vista”, donde se presentan los contenidos con numerosas ilustraciones (C).

Otro ejemplar de gran relevancia se muestra en la figura 4, “*Lecciones de cosas*” de Carlos Barral i Nualart (1933), concretamente la cuarta edición del tercer volumen del manual que se publicó por primera vez en 1921 por la editorial Seix Barral Hermanos (Figura 4 A-B). Como bien describe su prólogo, la intención es “... *procurar a los maestros padres y en general a todos los que tienen a su cargo la educación de los niños, una amena, variada e instructiva serie de temas para dialogar con sus hijos o alumnos, mezclando lo útil con lo agradable, despertando en los espíritus juveniles un vivo interés y ejercitándoles en los rudimentos de las ciencia, las artes y las industrias*”, para finalmente concluir que pretende ayudar al maestro a “*Inculcar al niño la afición al estudio de los principales conocimientos humanos*”. Tanto en este prólogo, como en páginas interiores se puede ver ese afán de unir temas de muy diversas áreas de conocimiento, como se muestra en la figura 4. En ella se puede apreciar cómo se presentan temas variados como la Alhambra (Figura 4C), animales extinguidos a lo largo de la historia de la Tierra (Figura 4D), avances técnicos como el automóvil (Figura 4E) o el mundo submarino (Figura 4F); todo ello bien ilustrado mediante grabados realistas que ayudan a la mejor comprensión del texto y del entorno real que muestran las lecturas. Este despliegue de contenidos y su forma de integrar los conceptos de áreas diversas en cada una de las lecturas, vuelve a mostrar la idea germinal de la pedagogía STEAM, ya que en este caso también existen conocimientos propios del área de ciencias sociales (arte, historia, geografía, etc.).

3.3.- Manuales de Ciencias y Matemáticas

Estos textos de lectura, de las diferentes épocas descritas (1888-1933), estaban destinados para estudiantes de lo que se conocía como Escuelas de Primera Enseñanza, lo que actualmente correspondería a la Educación Primaria. En aquel momento, las clases se

organizaban generalmente de la siguiente forma, lectura de algún texto de “*El primer manuscrito*” o de “*Lecciones de cosas*”. Tras ella se realizaban aclaraciones o exposiciones de contenidos de diferentes áreas por parte de los maestros. Para facilitar la organización de estas explicaciones de los docentes, así como para que el alumno pudiera estudiar o repasar dichos conceptos de forma ordenada con posterioridad, se elaboraron manuales de temáticas concretas, en nuestro caso nos centraremos en ciencias y matemáticas.

Un ejemplo de estos manuales data de 1900, ese año se publica “*Albores de la Enseñanza. Epítomes de las asignaturas de Primera Enseñanza Elemental*”. En este caso presentamos el tomo VIII que versa sobre “*Ciencias Físicas y Naturales*” (Figura 5A). El autor es desconocido, pero el editor es Saturnino Calleja Fernández, y en él se tratan temas relacionados con las ciencias exclusivamente. Llama la atención la imagen de la portada exterior (Figura 5B), en la que se muestra en primer plano a dos niños recibiendo indicaciones de un ángel sobre el camino que deben seguir. La situación es una alegoría de la necesidad de tener una buena guía en la vida (camino), en este caso entendemos que el libro estaría representado por el ángel. La extensión del volumen es de 81 páginas, donde se muestran diferentes contenidos de ciencias organizados de forma tradicional: Física, Química, Historia natural y Astronomía (Figura 5C). Se trata de una presentación convencional de los contenidos y marcadamente compartimentalizados.

Otro manual de ciencias de la época es “*Ciencias Físicas y Naturales*” (1907) de Juan Benejam. Este libro de la editorial Hijos de Santiago Rodríguez (Burgos) tiene 232 páginas y la portada (Figura 6A) tiene imágenes que representan el cielo nocturno con la Luna en cuarto menguante, unas flores y, en un cuadro aparte, ciertos aparatos científicos de medida. Su organización mantiene la estructura tradicional de las ciencias de compartimentos estancos, que perdura hasta nuestros días en muchos casos, queda reflejada en el índice: i) Física, ii) Química, iii) Mineralogía, iv) Botánica y v) Zoología. Sin embargo, el análisis detallado de los temas, por ejemplo, de física muestra cómo estos libros presentan contenidos desde un punto de vista práctico. Conceptos como la gravedad (Figura 6B) o la presión (Figura 6C) que se explican de forma aplicada y poco abstracta, siendo presentados como fenómenos que se ejemplifican con situaciones de la vida cotidiana

En 1930 se publica “*Primeras nociones científicas*” por G.M. Bruño, que contiene 258 páginas. Es de tapa dura y la imagen de la portada es un paisaje de un acantilado al salir o ponerse el sol y un clérigo en uno de los miradores. En este caso, esta imagen representa una alegoría del creyente que quiere ver y entender el mundo natural. Esta idea de cristianismo científico, enraizado en la Pedagogía Católica (Ocampo, 2011), se puede ver en la forma en que el autor organiza los contenidos en el índice. El manual se estructura en ocho bloques: “El Universo”, “El Hombre”, “Los Animales”, “Los Vegetales”, “Los Minerales”, “Agricultura”, “Física” y “Química”, que se subdividen a su vez en capítulos. Estos bloques en general resultan muy convencionales, agrupando los contenidos en las áreas que tradicionalmente venía haciéndose (y que se mantienen

actualmente en etapas de enseñanza secundaria). Sin embargo, aparecen tres bloques que son algo novedosos: “El Universo”, “El Hombre” y “Agricultura”, todos ellos relacionados con la percepción del mundo (el todo, lo creado y el uso del entorno). En cualquier caso, para su presentación se requiere de cierto grado de integración de contenidos de diferentes disciplinas o bloques temáticos. Por ejemplo, para tratar el tema de la agricultura se necesitan manejar conceptos climáticos, estacionales, botánicos. Por ello, su interpretación conjunta y activa, por parte de los alumnos, resulta una forma de procesar la información de forma multifactorial, realista y con repercusión en su futuro laboral fuera de las aulas. En cualquier caso, la línea pedagógica en este manual es una propuesta didáctica muy cercana y contextualizada en el entorno del alumno, dando siempre una visión aplicada de los conocimientos que se presentaban, manteniendo la corriente pedagógica predominante en ese momento, así como la visión religiosa de su autor (Ocampo, 2011).

En las dos primeras décadas del siglo pasado la enseñanza memorística está presente en la educación. Aunque empiezan a surgir nuevas corrientes pedagógicas, era una situación generalizada para las matemáticas y aún más patente en los manuales de aritmética de la época, como el de Emilio Moreno Calvete (1920). “*Aritmética Teórico-Práctica para escuelas y colegios de 1ª Enseñanza*” muestra en sus páginas interiores “*tabla para sumar*” (Figura 7A), “*tabla para restar*” (Figura 7B), “*tabla para multiplicar*” (Figura 7C) y “*tabla para dividir*” (Figura 7D).

Lo extraño de la situación en la aritmética es la época en la que se produce, ya que este hecho es propio en otras áreas de la matemática como en la geometría de finales del s. XIX. En ese momento destacan manuales como “*Elementos de Geometría puestos al alcance de los niños*” de Faustino Paluzie (1896). En este manual la enseñanza de la geometría es muy abstracta y teórica y poco cercana al entorno del niño (Figura 8A-D). Sin embargo, su didáctica evoluciona, alcanzando su máximo nivel de cambio en los años 20 y 30. Al igual que ocurre en la enseñanza de las ciencias de aquel momento con el uso de imágenes realistas y próximas al entorno del niño, en el ámbito de la geometría se da una circunstancia de vivencialidad de los contenidos. Este hecho se puede observar en los manuales de “*Geometría Elemental*” de Rafael Marimón de 1925 (Figura 8E) o “*Geometría. Las formas geométricas*” de Florentino Rodríguez de 1934 (Figura 8G). En ambos, se asocian las figuras geométricas abstractas con realidades próximas al niño (Figura 8 F y H) como una pelota, una caja, un tiesto, etc. Asimismo, se le da prioridad al niño como individuo que debe participar en su propia formación, y así se lee en el prólogo de la obra de Florentino Rodríguez, donde se dirige al niño como interlocutor:

“Oye, niño: Aquí tienes un libro sobre asuntos que te divertirá probablemente. Es muy entretenido, porque es para jugar. Enseña a hacer juguetes, a dibujar y, sobre todo, a pensar. Es un libro de trabajo; pero de trabajo divertido, el juguete o el dibujo ameno como excitante y punto de partida para desear el conocimiento del principio, la aplicación inmediata a cosas de interés infantil... Pero, mejor es hacer punto. F.R.”

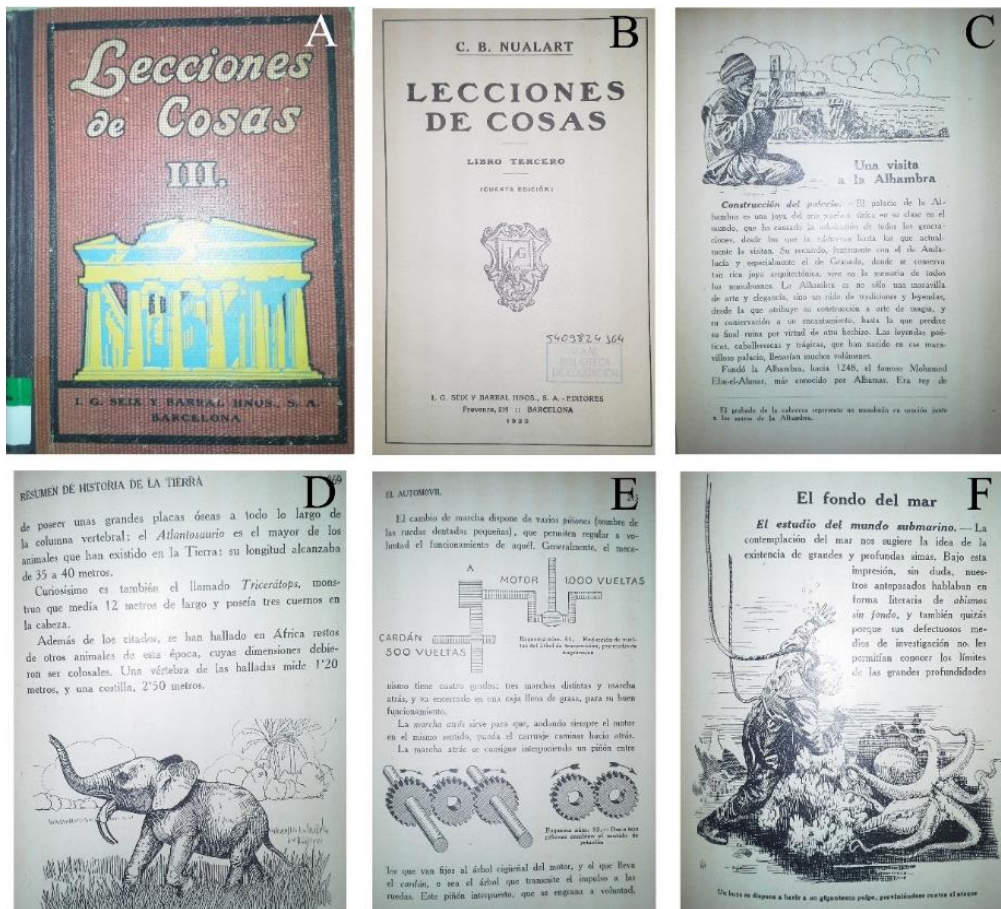


Figura 4. Lecciones de Cosas, volumen III (1933) de C.B. Nualart. Portada exterior (A) e interior (B). C-F. Páginas del interior del manual donde se muestran textos que tratan temáticas variadas y grabados que ilustran los contenidos. La Alhambra (C), faunas a lo largo de la historia de la Tierra (D), el automóvil (E) y curiosidades sobre el fondo marino (F).



Figura 5. Manual de Ciencias Físicas y Naturales (1900) de Primera Enseñanza Elemental. A. Portada interior. B. Portada exterior con una imagen alegórica del papel del libro. C. Primeras páginas donde se explica la organización de los contenidos del libro

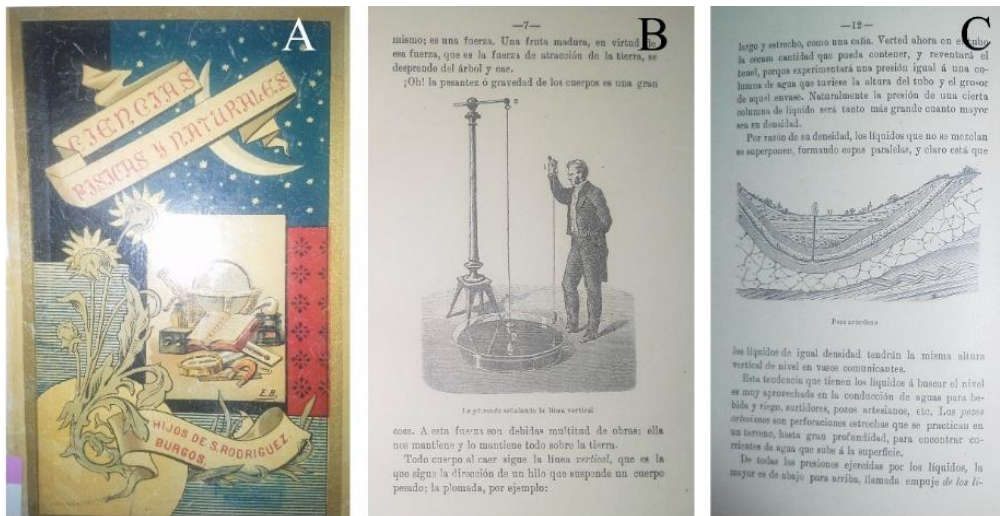


Figura 6. Manual de Ciencias Físicas y Naturales de Juan Benejam (1907). Portada con representaciones naturales (A). En B y C ejemplos de los contenidos presentados, con imágenes de situaciones reales de aplicación de los contenidos.

Tabla A: TABLA DE SUMAR

SIGNOS		Se les		Se les		Se les	
+	-	+	-	+	-	+	-
1	1	2	4	1	5	7	1
1	1	3	4	2	6	7	2
1	1	4	5	3	7	7	3
1	1	5	6	4	8	7	4
1	1	6	7	5	9	7	5
1	1	7	8	6	10	7	6
1	1	8	9	7	11	7	7
1	1	9	10	8	12	7	8
1	1	10	11	9	13	7	9
1	1	11	12	10	14	7	10
2	2	1	3	1	6	8	1
2	2	2	4	2	7	8	2
2	2	3	5	3	8	8	3
2	2	4	6	4	9	8	4
2	2	5	7	5	10	8	5
2	2	6	8	6	11	8	6
2	2	7	9	7	12	8	7
2	2	8	10	8	13	8	8
2	2	9	11	9	14	8	9
2	2	10	12	10	15	8	10
3	3	1	4	1	7	9	1
3	3	2	5	2	8	9	2
3	3	3	6	3	9	9	3
3	3	4	7	4	10	9	4
3	3	5	8	5	11	9	5
3	3	6	9	6	12	9	6
3	3	7	10	7	13	9	7
3	3	8	11	8	14	9	8
3	3	9	12	9	15	9	9
3	3	10	13	10	16	9	10

Tabla B: TABLA DE RESTAR

De 1 a 1 va 0		De 4 a 4 va 0		De 7 a 7 va 0	
1	3	4	6	7	8
1	4	4	7	7	9
1	5	4	8	7	10
1	6	5	9	7	11
1	7	6	10	7	12
1	8	7	11	7	13
1	9	8	12	7	14
1	10	9	13	7	15
1	11	10	14	7	16
1	12	11	15	7	17
2	3	5	7	8	9
2	4	5	8	8	10
2	5	5	9	8	11
2	6	5	10	8	12
2	7	5	11	8	13
2	8	6	12	8	14
2	9	7	13	8	15
2	10	8	14	8	16
2	11	9	15	8	17
3	4	6	7	9	10
3	5	6	8	9	11
3	6	6	9	9	12
3	7	6	10	9	13
3	8	6	11	9	14
3	9	6	12	9	15
3	10	7	13	9	16
3	11	8	14	9	17
3	12	9	15	9	18

Tabla C: TABLA DE MULTIPLICAR

Signo x		Se les multiplicado por	
1	x 0	0	0
1	x 1	1	1
1	x 2	2	2
1	x 3	3	3
1	x 4	4	4
1	x 5	5	5
1	x 6	6	6
1	x 7	7	7
1	x 8	8	8
1	x 9	9	9
1	x 10	10	10
2	x 0	0	0
2	x 1	2	2
2	x 2	4	4
2	x 3	6	6
2	x 4	8	8
2	x 5	10	10
2	x 6	12	12
2	x 7	14	14
2	x 8	16	16
2	x 9	18	18
2	x 10	20	20
3	x 0	0	0
3	x 1	3	3
3	x 2	6	6
3	x 3	9	9
3	x 4	12	12
3	x 5	15	15
3	x 6	18	18
3	x 7	21	21
3	x 8	24	24
3	x 9	27	27
3	x 10	30	30

Tabla D: TABLA DE DIVIDIR

Signo :		Se les dividido por	
1	: 1	1	1
1	: 2	0	2
1	: 3	0	3
1	: 4	0	4
1	: 5	0	5
1	: 6	0	6
1	: 7	0	7
1	: 8	0	8
1	: 9	0	9
1	: 10	0	10
2	: 1	2	2
2	: 2	1	1
2	: 3	0	3
2	: 4	0	4
2	: 5	0	5
2	: 6	0	6
2	: 7	0	7
2	: 8	0	8
2	: 9	0	9
2	: 10	0	10
3	: 1	3	3
3	: 2	1	2
3	: 3	1	1
3	: 4	0	4
3	: 5	0	5
3	: 6	0	6
3	: 7	0	7
3	: 8	0	8
3	: 9	0	9
3	: 10	0	10

Figura 7. Aritmética Teórico-Práctica para escuelas y colegios de 1ª Enseñanza. Recursos metodológicos memorísticos para las operaciones básicas en forma de tablas de sumar (A), restar (B), multiplicar (C) y dividir (D). Páginas 22, 25, 27 y 42 del manual respectivamente.

Del mismo modo, se puede ver que, si estas son las formas de enseñar, los ejercicios para practicar y evaluar que sugieren los manuales están en la misma línea. De manera que F. Paluzie propone un abordaje abstracto y teórico de los problemas (Figura 8D) y, por el contrario, F. Rodríguez la búsqueda de situaciones reales para responder a cuestiones matemáticas. Por ejemplo, en la página 12 se puede ver cómo se presentan las actividades que se les piden a los alumnos:

“[...]Trabajar es hacer algo. Cuando juegas al orí, al marro, al peón, al guá, a los güitos o a hacer pozos en la arena, trabajas. Pues con este libro se te presenta ocasión de jugar mucho.

¡Hala! A leer cosas, a pensar en ellas, a contestar a las preguntas, bonitas como acertijos, que se hacen; a dibujar monigotes; a hacer juguetes, a inventar juegos”.

En la página 15 se concretan dos actividades, en las que se puede ver la línea pedagógica:

“1.º Hágase una lista de cosas, esto es, de cuerpos, agrupados por colores”.

“2.º Otra lista agrupando los cuerpos por la forma”.

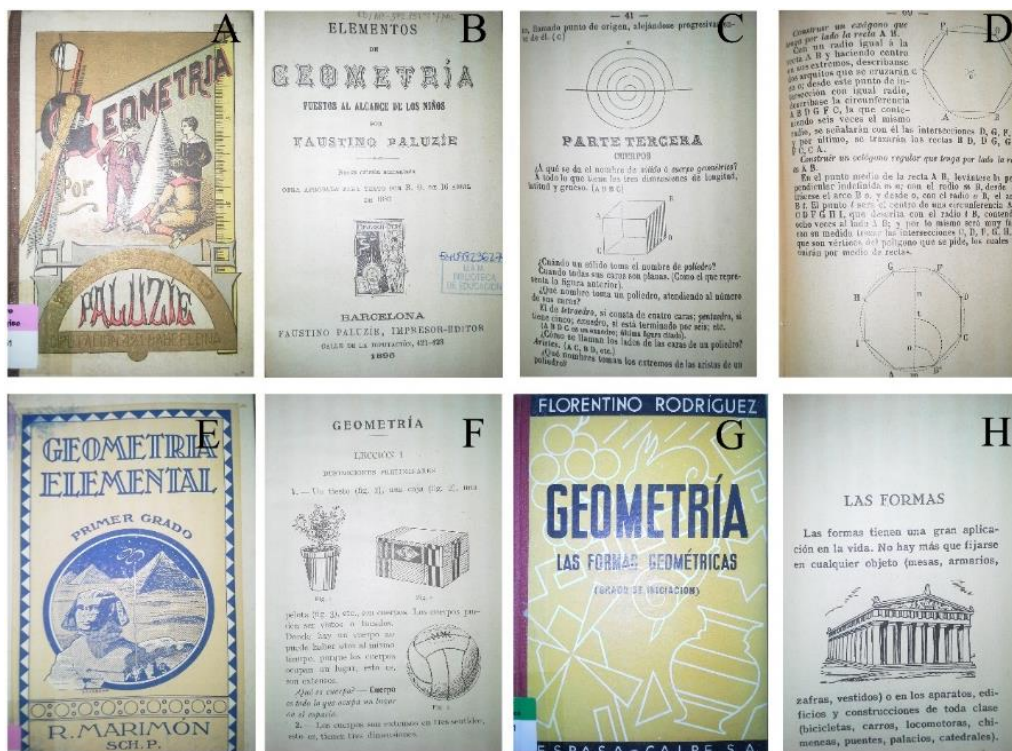


Figura 8. Manuales de geometría. A y B. Portadas de “Elementos de Geometría puestos al alcance de los niños” de Faustino Paluzie (1896) con una presentación de contenidos muy abstracta y teórica (C), así como los ejercicios propuestos para practicar (D). Manuales de geometría con perspectivas de enseñanza vivenciales (E-H). E y F. “Geometría elemental” de Marimón (1925). G y H. “Geometría. Las formas geométricas” de Florentino Rodríguez (1934).

Como se puede apreciar, lo que se les pide es algo muy laxo, nada concreto, que busquen en su entorno próximo y respondan asociando dicho entorno con los conceptos más abstractos presentados en clase. Sin embargo, esta pedagogía vivencial para las ciencias y las matemáticas desaparece de la educación española tras la guerra civil (1936-1939). En este periodo, las cuestiones educativas cambian y se vuelve a un marco más teórico y memorístico, lejos de la enseñanza aplicada, multidisciplinar para la vida en todas las áreas del currículum. Un ejemplo sería el libro *“Problemas de Matemáticas y Física para opositores a ingreso en el Magisterio Nacional”* donde se recopilan problemas matemáticos de los ejercicios de oposición para ser maestros aparecidos en los años 50 y 60. Un ejemplo de ello sería el siguiente, que se muestra en la página 3:

“1. Una esfera de mármol, al ser desembarcada, ha caído al mar. Calcular la fuerza que será necesaria para elevarla, sabiendo que la longitud de la cuerda comprendida entre dos diámetros perpendiculares es de 80 cm., que la densidad del mármol es 2,7 y la del agua del mar 1,03. (Oposiciones a ingreso en el Magisterio, Sevilla, 1954)”.

En este caso, se trata de un ejercicio matemático que se basa fundamentalmente en el cálculo, aplicando fórmulas aprendidas memorísticamente como las que relacionan la masa con la densidad y el volumen, la masa y el peso a través de la aceleración de la gravedad, entre otras cuestiones que podrían tenerse en cuenta. Quizás es una pregunta muy sencilla para un ingeniero, pero es poco apropiada para valorar todas las cualidades que debe presentar un maestro de educación primaria. Queremos destacar que este tipo de contenidos eran los que se requerían para formarse como maestro en España en la década de 1950-1960. De ahí podemos inferir el tipo de línea pedagógica que se exigía a los estudiantes de educación primaria de la época, ya que como indican Pérez Expósito y González Aguilar (2011), un docente enseña como aprendió.

3.4.- La evolución de la imagen en ciencias

Por último, nos gustaría llamar la atención sobre cómo las representaciones de la realidad que se utilizan en los recursos didácticos presentan un grado de simplificación que roza la infantilización. Estos hechos se pueden ver en múltiples contenidos del ámbito de las ciencias naturales, pero tienen un punto álgido en la enseñanza de los seres vivos. Como se muestra en la figura 9, libros escolares de diferentes cursos utilizan dibujos de seres vivos que en ocasiones muestran antropomorfización y/o personificación de sus rasgos (Figura 9A-B). Los manuales analizados permiten analizar que históricamente la enseñanza de estos contenidos de ciencias naturales ha sido tratada con un grado de realismo acorde con el conocimiento de la época. Se puede ver en la figura 9 (C-E). En esta figura queda patente la mejora de los medios de imprenta, en lo que respecta a las imágenes, ya que las imágenes de principios del s. XX son grabados en blanco y negro con una gran precisión y muchos detalles; frente a los de los materiales actuales del s. XXI, más coloridos y llaman más la atención. Sin embargo, es evidente la falta de rigor

en algunas de sus representaciones frente a la precisión y capacidad descriptiva de los grabados que presenta José Dalmau en “*El primer manuscrito*” (1908), donde lo que se prima es el realismo de las imágenes.

Esta circunstancia de realismo que mencionamos llega al ámbito de los seres microscópicos, o como los denomina Juan Benejam en el manual de “*Ciencias Físicas y Naturales*” de 1907: “*Animales invisibles*”. Este título refleja la existencia de seres vivos que no se pueden observar a simple vista, sino que para ello necesitamos instrumentos específicos. En la página 167 del manual podemos observar un grabado de protistas (Figura 10A), que en la época se consideraba un grupo de animales unicelulares fundamentalmente porque todos presentaban movimiento. Actualmente sabemos que los organismos que componen este grupo no son animales y que es muy heterogéneo y diverso. Actualmente el grupo de los protistas se divide en protozoos (unicelulares heterótrofos) y algas (unicelulares o pluricelulares sin tejidos y autótrofos), debido a que se han introducido otro tipo de características para su clasificación, como el conocimiento sobre sus funciones vitales y no sólo el movimiento. En cualquier caso, en este grabado se representa con gran detalle las imágenes de estos seres unicelulares vistos al microscopio. Este tipo de representaciones no son únicas y también las podemos ver en otros manuales como “*El primer manuscrito*” de José Dalmau (1908) en la página 137, junto con otros seres vivos, y aquí incluimos sólo el detalle (Figura 10B). Asimismo, otro grupo de organismos unicelulares, en este caso procariontes (etimológicamente *con núcleo primitivo*), también se representaron fidedignamente en el manual “*Educación por la vista*” (1907) de Ángel Bueno, donde en la página 98 aparece la denominada “*Figura 24. Microbios*” con cuatro dibujos de imágenes de un campo visual de microscopía donde se visualizan bacterias de diferentes tipos (Figura 10C).

Estas representaciones podemos decir que alcanzan su culmen en los manuales de niveles educativos superiores con los libros de Salustio Alvarado (1951) “*Geología y Biología General. Tomo II del curso de Historia Natural*” para la asignatura de Ciencias Naturales en el bachillerato que sigue el Plan de 1938. En la página 6 de este manual podemos ver cómo se representa una célula eucariota vista al microscopio óptico y dibujada a mano alzada (Figura 11A). En ella se identifican las estructuras más relevantes, lo que permitiría interpretar de forma autónoma lo que un alumno puede ver al microscopio. De esta forma el alumno aprende teóricamente lo que podrá ver en el mundo real microscópico. Por supuesto en esta época hay un desarrollo de la imagen microfotográfica y comienzan a aparecer en los manuales multitud de ejemplos como el que se puede ver en la misma página de este manual (Figura 11B), así como dibujos de células vistas al microscopio electrónico (Figura 11C). Para facilitar la comprobación del realismo del dibujo, se muestra una microfotografía real de microscopía electrónica de transmisión (Figura 11D) tomada de un atlas virtual de histología del s. XXI. Lo que queda evidenciado es que en general hasta mediados del s. XX sigue predominando el dibujo realista de los fenómenos naturales que se estudian.

Esta cuestión es importante, ya que este hecho se está perdiendo. Según un estudio de Pérez Martín y Aquilino (2015), los manuales universitarios que versaban sobre la mitosis hasta los años 80 del siglo pasado utilizaban fundamentalmente ilustraciones realistas. Sin embargo, manuales más actuales emplean esquemas más vistosos y coloridos, que carecen de fidelidad con la realidad, dificultando la interpretación del proceso celular real cuando se realizan observaciones microscópicas. Lo que comporta mayores dificultades para el aprendizaje del ciclo celular en titulados superiores en Biología, alumnos que potencialmente podrían ser docentes de enseñanza secundaria. Investigaciones posteriores de estos mismos autores han demostrado las carencias de docentes de diferentes niveles educativos (maestros y profesores de secundaria) a la hora de identificar críticamente errores en estas representaciones de los libros de texto. Lo que puede ser debido a que el aprendizaje de estos contenidos se ha realizado a través de representaciones irreales y sobresimplificadas de fenómenos naturales que han interiorizado como correctos cuando no lo son (Pérez Martín y Aquilino, 2017).

Por último, nos gustaría citar un fragmento del libro “*Geología y Biología General. Tomo II del curso de Historia Natural*” publicado en 1951, concretamente del prólogo, que fue escrito por Salustio Alvarado en julio de 1928, donde reflexiona sobre su ejercicio profesional, dando una percepción de cómo entiende que debe ser la enseñanza de la asignatura de Historia Natural:

“En la redacción de esa parte del texto he procurado, además, recoger los resultados de la experiencia de estos dos últimos años. Esta me ha enseñado que los niños estudiantes de Historia Natural tienen muy poco interés por los aspectos descriptivos, puramente memorísticos, y en cambio lo muestran vivísimo por los de carácter explicativo. Para adaptar mi libro a la realidad pedagógica he procurado: 1.º, hermanar el carácter descriptivo de la Historia Natural clásica con el explicativo de la moderna; [...]”.

Este texto pone de manifiesto que, en aquel momento, como en el actual, era necesario una docencia más aplicada a la realidad cotidiana que permitiera enfocarla como explicación de procesos. Esto nos llevará a una enseñanza menos dogmática de los conceptos, más aplicada y más participativa para los estudiantes, lo que según diferentes autores son las demandas más frecuentes que los alumnos hacen a los profesores para sus clases de ciencias (Robles et al., 2015; Solbes, Monserrat & Furió, 2007; Vázquez & Manassero, 2007).

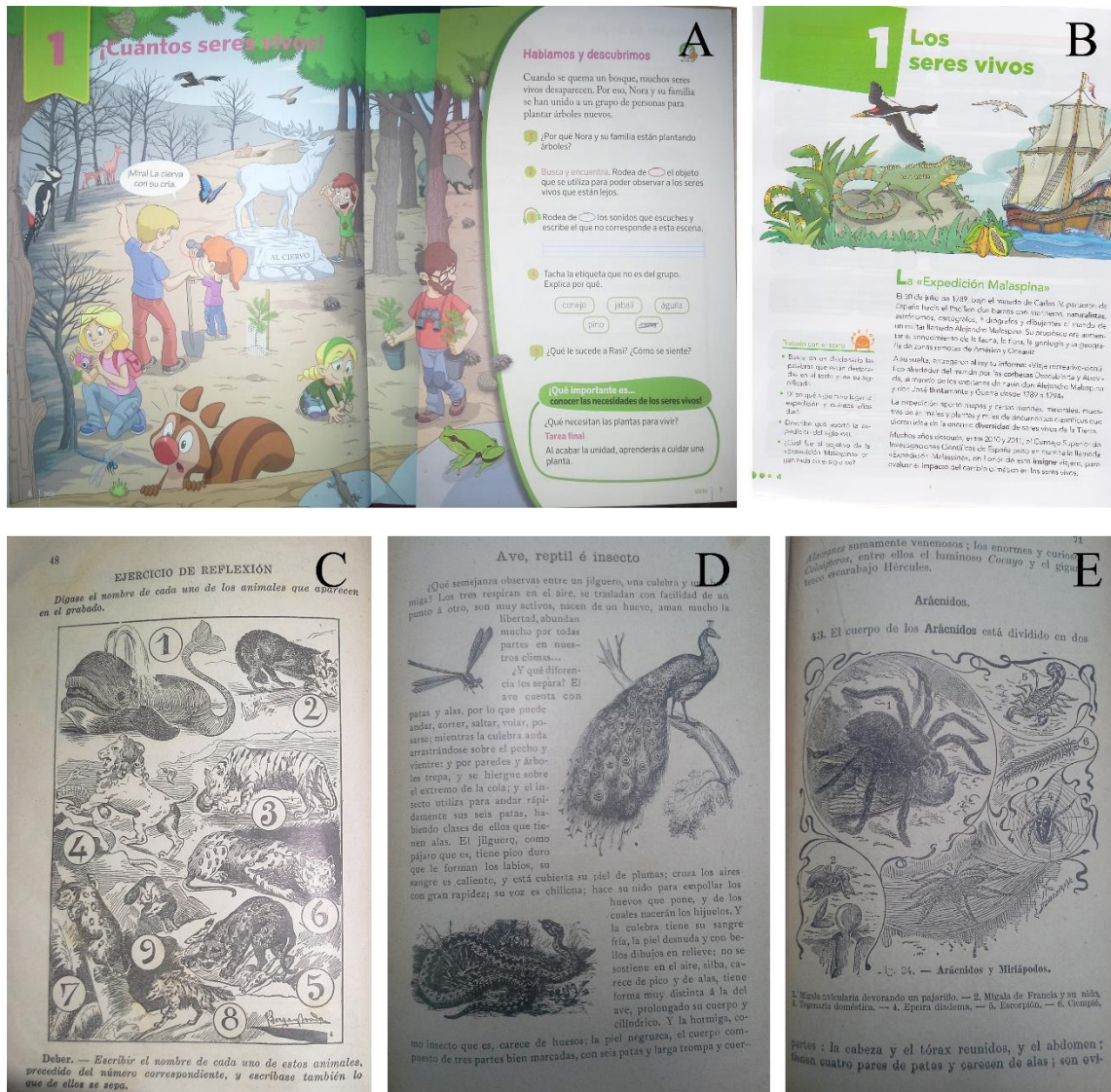


Figura 9. Ilustraciones de los seres vivos. (A) Libro de texto de 2º de Educación Primaria “Ciencias de la naturaleza. Proyecto Savia”, editorial SM. (2015). Tema 1, “Los seres vivos”. Se puede ver cierto realismo en algunos dibujos, pero otros carecen de él, como la ardilla que está en primer plano. (B) Libro de texto de 6º de Educación Primaria “Ciencias de la naturaleza. Proyecto Savia”, editorial SM. (2015). Tema 1. Los seres vivos. Las imágenes simplifican los detalles de algunos seres vivos, el caso más extremo es la serpiente que incluso presenta cara sonriente. (C) Ilustraciones de un ejercicio práctico del manual “Mi primer manuscrito” de José Dalmau Carles (cca. 1908) donde se ilustran mamíferos de diferentes continentes, principalmente felinos y una ballena. En estos casos aparecen las limitaciones relativas al desconocimiento de algunos detalles, como la cola de pez que muestra la ballena, así como los labios que presenta. En cambio, en D y E podemos observar grabados contemporáneos “Educación por la vista” de Ángel Bueno (1907) en los que se representan aves, reptiles, insectos y arácnidos con un detalle y una precisión de manuales de zoología.

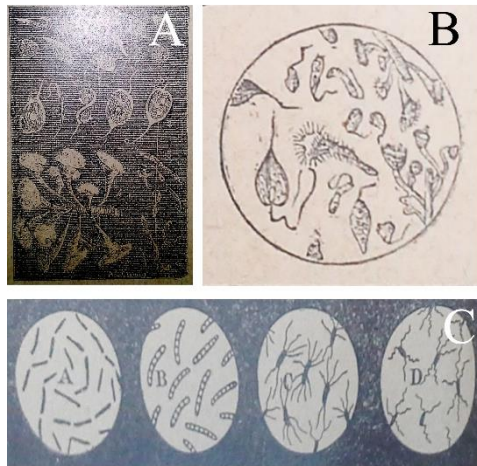


Figura 10. Representaciones de microorganismos en manuales Centro de Documentación Infantil y Juvenil, Museo Pedagógico, de la Biblioteca de la Facultad de Formación de Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid. A. protistas de la página 167 de “Ciencias Físicas y Naturales” de Juan Benezam (1907). En B, protistas de la página 137 de “El primer manuscrito” de José Dalmau (1908). En C, procariotas de la página 98 de “Educación por la vista” (1907) de Ángel Bueno.

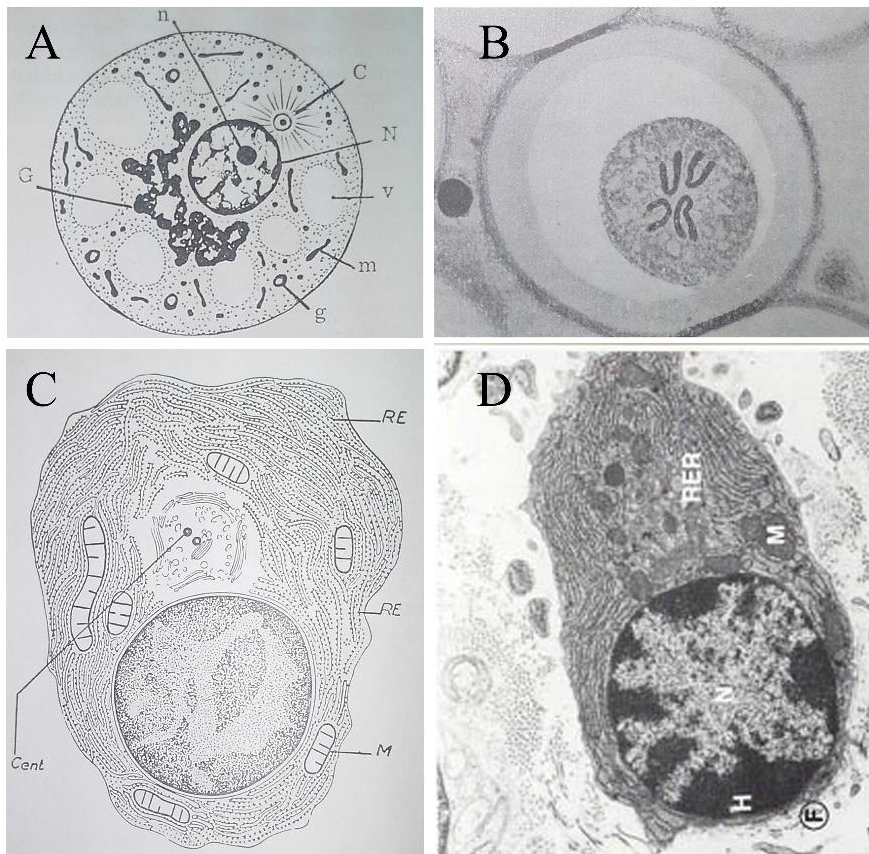


Figura 11. Imágenes de células eucariotas vistas al microscopio del manual “Geología y Biología General. Tomo II del curso de Historia Natural” de Salustio Alvarado (1951). A-B. Células vistas en microscopía óptica A. Dibujo y B. Microfotografía. C Dibujo de célula plasmática vista al microscopio electrónico de transmisión de este mismo manual. D. Microfotografía electrónica de transmisión de una célula plasmática de mono. La imagen procede de un Atlas virtual de Histología (Moran y Rowley, 2013) que permite comparar la fidelidad del dibujo del manual de 1951. [Recuperada el 18 de junio de 2017 de: http://www.visualhistology.com/products/atlas/VHA_Chpt4_Blood.html].

4.- Conclusiones

En conclusión, podemos decir que el análisis de los materiales educativos que se han empleado históricamente en la enseñanza de las ciencias en España tenían una tendencia pedagógica hacia un contexto de relación de contenidos aplicado a la vida cotidiana y próximo del alumno aun manteniendo una estructura compartimentalizada de sus contenidos en áreas de conocimiento. Esta tendencia se trunca a mediados de los años 30, y tras la guerra civil española, los materiales marcan una línea pedagógica abstracta, teórica, de aprendizaje memorístico y con la absoluta pérdida del fomento de la capacidad crítica de los alumnos. Con estos datos, no se puede decir que el enfoque de enseñanza de las ciencias de tipo STEM haya sido puesto en práctica en la historia de la educación española. En cambio, sí que parece que la Escuela Nueva y los posteriores movimientos pedagógicos de la época, como la Institución Libre de Enseñanza, pusieron unos cimientos para que se pudiera haber iniciado una línea pedagógica con un enfoque similar a las ciencias integradas de tipo STEM, con el paso del tiempo. Sin embargo, el alzamiento de julio de 1936, la guerra civil y la caída de la República Española truncaron esa línea pedagógica que podría haber sido el germen de una enseñanza de las ciencias moderna.

Los manuales de Lecciones de Cosas, *sensu lato*, proponen un enfoque integrador o al menos globalizador de los aprendizajes, poniendo realidades concretas en contexto y aplicando una mirada multifactorial a su enseñanza, lo que fomentaba en los alumnos una perspectiva integradora o al menos de conexión entre contenidos dispersos de los conocimientos a aprender.

Por último, con lo mostrado en este trabajo, queda patente que el fondo bibliográfico del Centro de Documentación Infantil y Juvenil, Museo Pedagógico, de la Biblioteca de la Facultad de Formación de Profesorado y Educación de la Universidad Autónoma de Madrid es una poderosa herramienta de investigación educativa de la enseñanza de las ciencias, resultando ser un recurso muy interesante para el desarrollo de trabajos fin de grado, fin de máster e incluso tesis doctorales sobre los cambios educativos producidos en España desde finales del s. XIX a través de los manuales y los libros de texto.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCARAZ-DOMÍNGUEZ, S., GARRIDO, B. y BARAJAS, M. (2017). ENGAGE: Investigación e Innovación Responsable (RRI) en la enseñanza de las ciencias. En M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz, A. Brandi Fernández (Eds): *Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato - IV Congreso de Docentes de Ciencias*, pp.27-31. Madrid: Editorial Santillana.
- AMOR, M., ARAGAY, X. y NAVARRO, M. (2017). Informe final de la Evaluación de impacto de la experiencia piloto de la Nueva Etapa Intermedia. *Jesuïtes Educació*, 1-43. <http://bit.ly/2slXeup>

- BYBEE, R.W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association. 28pp.
- BYBEE, R.W. y DEBOER, G.B. (1994). Research on goals for the science curriculum: en Gabel, D.L. *Handbook of Research in Science Teaching and Learning*. New York. MacMillan P.C.
- CORLU, M.S., CAPRARO, R.M. y CAPRARO M.M. (2014) Introducing STEM Education: Implications for Educating Our Teachers for the Age of Innovation. *Education and Science*, 39, 171, 74-85.
- DE LA CRUZ SOLÍS, A. (2008). Bibliotecas y educación básica: Los inicios de una relación imprescindible. *Documentación de las Ciencias de la Información*, 31, 129-160.
- DEWEY, J. (1910). *How we think*. Boston, MA: Heath.
- FURMAN, M., POENITZ, M.V. y PODESTÁ, M.E. (2012). La evaluación en la formación de los profesores de Ciencias. *Praxis & Saber*, 3, 6, 165-189.
- GARCÍA-CARMONA, A., CRUZ-GUZMÁN, M. y CRIADO, A. M. (2014). ¿Qué hacías para aprobar los exámenes de Ciencias, qué aprendiste y qué cambiarías? *Investigación en la Escuela*, 84, 31-46.
- HAWORTH, C.M.A., DALE, P. y PLOMIN, R. (2008). A Twin Study into the Genetic and Environmental Influences on Academic Performance in Science in nine-year-old Boys and Girls. *International Journal of Science Education*, 30, 8: 1003-1025. <http://bit.ly/2sOK0YC>
- HEIL, D.R., PEARSON, G. y BURGER, S.E. (2013), Understanding Integrated STEM Education: Report on a National Study Paper presented at 2013 ASEE Annual Conference & Exposition, Atlanta, Georgia. <https://peer.asee.org/22664>
- JUSTI R. (2006). La enseñanza de las Ciencias basada en modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 2, 173-184.
- LINDAHL, B. (2007). A Longitudinal Study of Students' Attitudes towards Science and Choice of Career. Paper presented at the 80th NARST International Conference (New Orleans, Louisiana, 2007).
- MANZANO MOZO, F., GARCÍA, M., & FERNÁNDEZ, J. (2017). Mecanismos articulados: Geometría Dinámica y Cinemática en un entorno educativo STEM. Innoeduca. *International Journal of Technology and Educational Innovation*, 3, 1, 15-27.
- MORAN D.T. y ROWLEY J.C., (2013) *Visual Histology Text Atlas*. Visual Histology Edts. http://www.visualhistology.com/products/atlas/VHA_Chpt4_Blood.html].
- National Research Council. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington, DC: National Academy Press.

- OCAMPO LÓPEZ, J. (2011). G.M. Bruño. San Miguel Febres Cordero. El Hermano Cristiano de los Textos Escolares. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, 16, 15-32.
- OSBORNE, J. Y DILLON, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. A report to the Nuffield Foundation. London: King's College.
- PÉREZ EXPÓSITO, L. y GONZÁLEZ AGUILAR, D.A. (2011). Dime Cómo Evalúas y te Diré Qué Enseñas". Un Análisis Teórico sobre las Relaciones entre la Evaluación del Aprendizaje y la Enseñanza-Aprendizaje de la Justicia Social. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 4, 1, 136-148.
- PÉREZ MARTÍN, J.M., y AQUILINO, M. (2015). Nuevas estrategias en la enseñanza de la mitosis. En M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz, A. Brandi Fernández (Eds): *Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato - III Congreso de Docentes de Ciencias*, pp.199-210. Madrid: Editorial Santillana.
- PÉREZ MARTÍN, J.M., y AQUILINO, M. (2017). Conocimiento del ciclo celular en docentes de ciencias. En M. González Montero de Espinosa, A. Baratas Díaz, A. Brandi Fernández (Eds): *Jornadas sobre investigación y didáctica en ESO y Bachillerato - IV Congreso de Docentes de Ciencias*, pp.403-412. Madrid: Editorial Santillana.
- ROBLES, A., SOLBES, J., CANTÓ, J.R. y LOZANO, O.R. (2015). Actitudes de los estudiantes hacia la ciencia escolar en el primer ciclo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 14, 3, 361-376.
- ROCARD, M., CSERMELY, P., JORDE, D., LENZEN, D., WALBERG-HENRIKSSON, H. y HEMMO V. (2007). *Science education Now: A renewed Pedagogy for the future of Europe*. European Communities: Belgium.
- SOLBES, J., MONTSERRAT, R. y FURIÓ C. (2007). El desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: implicaciones en su enseñanza. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 21, 91-117.
- SOMOZA RODRÍGUEZ, J.M., BADANELLI RUBIO, A.M. y GÓMEZ RODRÍGUEZ DE CASTRO, F. (2003). Los manuales de Lecciones de cosas. En Rafael Calvo de León, Pablo Celada Perandones, Heliodoro Briongos Peñalba, Dolores Fernández Malanda, Luis Javier Arroyo Alonso, Agustín Escolano Benito, Juan Alfredo Jiménez Eguizábal y Fernando T. Esteban Ruiz (Coords). *Etnohistoria de la escuela: XII Coloquio Nacional de Historia de la Educación*, pp.377-388. Burgos: Universidad de Burgos.
- TAI, R. H., QI LIU, C., MALTESE, A. V. y FAN, X. (2006). Planning early for careers in science. *Science*, 312, 1143-1145.

- TOMA, R.B. y GRECA I.M. (2016). Modelo interdisciplinar de educación STEM para la etapa de educación primaria. En M^a. Isabel Cebreiros, Pedro Membiela, Natalia Casado, Manuel Vidal: *La enseñanza de las ciencias en el actual contexto educativo*, pp.391-395. Educación Editora.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (2007). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4, 2, 247-271.
- VILCHES, A., SOLBES, J. y GIL, D. (2004). ¿Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos? *Alambique. Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 41, 89-98.