

Evolución de los contenidos en las leyes educativas de Educación Secundaria en España en relación con colaboraciones científicos-profesorado-alumnado (STSPs) para la mejora de la alfabetización científica

Francisco Javier Pérez Cáceres – Universidad de Granada

José Miguel Vílchez González – Universidad de Granada

Francisco González García – Universidad de Granada

 0000-0003-0014-2909

 0000-0002-9766-1061

 0000-0001-8127-9792

Recepción: 01.02.2026 | Aceptado: 22.07.2026

Correspondencia a través de **ORCID**: Francisco Javier Pérez Cáceres  **0000-0003-0014-2909**

Citar: Pérez Cáceres, FJ, Vílchez-González, JM, González García, F (2026). Evolución de los contenidos en las leyes educativas de Educación Secundaria en España en relación con colaboraciones científicos-profesorado-alumnado (STSPs) para la mejora de la alfabetización científica. *REIDOCREA*, 15(47), 642-656.

Estudio de investigación de Tesis Doctoral

Área o categoría del conocimiento: Ciencias de la Educación

Resumen: En este trabajo se presenta un estudio sobre la presencia de contenidos procedimentales y actitudinales en los currículos derivados de las sucesivas reformas educativas en España desde el año 1970 hasta el 2022. Además, se relacionan con la relevancia de establecer colaboraciones entre científicos, profesores y estudiantes (STSPs) que permitan al alumnado adentrarse en el significado de la investigación científica, para de ese modo mejorar su comprensión sobre qué es la ciencia y cómo evoluciona en contextos reales. Los resultados ponen de manifiesto que, a lo largo del periodo analizado, los currículos de las leyes educativas son deficitarios en la incorporación de contenidos procedimentales y, especialmente, actitudinales en los currículos de materias científicas. Finalmente, se describen dos ejemplos de STSP: los proyectos educativos científicos ScienceIES y British Science Association. Ambos se fundamentan en una metodología caracterizada por actividades innovadoras, que parecen ser muy efectivas para desarrollar la alfabetización científica en estudiantes de Educación Secundaria y Bachillerato.

Palabra clave: Colaboraciones científicos-profesorado-alumnado

Evolution of contents in Secondary Education laws in Spain related to scientist-teacher-student partnerships (STSPs) to improve scientific literacy

Abstract: This study examines the inclusion of procedural and attitudinal content in successive Spanish education laws enacted between 1970 and 2022, relating this to the importance of establishing partnerships between scientists, teachers and students (STSPs). Such collaborations enable students to engage with the meaning and practice of scientific research, thereby enhancing their understanding of the nature of science and the ways in which scientific knowledge develops in authentic contexts. The findings reveal that, throughout the period analysed, successive education laws have shown significant shortcomings in the incorporation of procedural and, particularly, attitudinal content within science curricula. Finally, two examples of STSP initiatives are presented: the educational science project ScienceIES and British Science Association. Both are grounded in pedagogical approaches characterized by innovative learning activities, which have demonstrated considerable potential for promoting scientific literacy among secondary and upper secondary school students.

Keyword: Scientist-Teacher-Student Collaboration

Introducción

La enseñanza y el aprendizaje no constituyen procesos intrínsecamente vinculados por naturaleza, ya que la enseñanza no garantiza por sí misma la adquisición de aprendizajes, sino que genera las condiciones necesarias para que estos puedan producirse. En este contexto, el papel del profesorado consiste en gran medida en despertar el interés y la motivación del alumnado por el conocimiento científico, favoreciendo el desarrollo de su creatividad innata y de su capacidad para construir aprendizajes significativos.

Promover un aprendizaje de las ciencias que resulte eficaz y motivador en la Educación Secundaria constituye un importante desafío educativo. El progresivo descenso del interés del alumnado por las disciplinas científicas pone de manifiesto la necesidad de replantear las estrategias de enseñanza empleadas. En consecuencia, diversos informes como Rocard (Rocard et al., 2007), el Nuffield (Osborne y Dillon, 2008) y COSCE-Enciende (COSCE, 2011), así como aportaciones teóricas como las de (Wenger, 1998), identifican orientaciones y proponen algunas claves que pueden contribuir a mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

En este estudio nos planteamos una reflexión sobre la evolución de la enseñanza de las disciplinas científicas en la Educación Secundaria, tomando como referencia los currículos oficiales, tradicionalmente estructurados en torno a contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales y, en las reformas más recientes, orientados además al desarrollo de competencias. Nos cuestionamos, pues: ¿En qué medida son importantes los contenidos procedimentales y actitudinales utilizados para que el enseñar y el aprender realmente consigan sincronía y de este modo desarrollar la competencia científica?

Diversas teorías educativas han identificado procesos y dimensiones que contribuyen a mejorar el aprendizaje. Entre ellas destacan *Democracy and Education* (Dewey, 2005), que subraya la importancia de la interacción y la transmisión intergeneracional del conocimiento; *Situated Learning* (Lave y Wenger, 1991), que enfatiza el aprendizaje situado y la experiencia práctica; y *Communities of Practice* (Wenger, 1998), que pone de relieve el valor del aprendizaje social y la participación en comunidades de práctica. En conjunto, estos enfoques ofrecen fundamentos teóricos para el diseño de entornos de aprendizaje innovadores capaces de favorecer el desarrollo de la competencia científica.

Para intentar dar respuesta a estas demandas, parece conveniente comenzar por explorar la atención que, a lo largo de la historia, se ha prestado a los contenidos curriculares de tipo procedimental y actitudinal, siendo estos necesarios para el desarrollo de la competencia científica. En este trabajo se comienza por abordar este análisis en la normativa española para, posteriormente, realizar una búsqueda de iniciativas educativas, a nivel nacional e internacional, cuyas metodologías pudieran ser efectivas para la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias en las aulas de Educación Secundaria, para promover las vocaciones científicas y construir una sociedad con conocimientos científicos sólidos (European Commission, 2014).

1.1. Marco teórico

Este estudio pretende identificar actuaciones educativas que den respuesta a las recomendaciones de informes internacionales como Rocard, Nuffield y COSCE-Enciende, sobre la mejora de la enseñanza de las ciencias. Para ello, se apoya en las aportaciones de (Wenger, 1998; Biesta, 2010; Weick et al., 2005), que destacan la relevancia de la educación en valores, el aprendizaje basado en inquirir, así como en el enfoque hands-on, minds-on, y como del aprendizaje en contextos reales. Estos enfoques sustentan un aprendizaje transformador y justifican la necesidad de fortalecer los vínculos entre la ciencia escolar y la ciencia disciplinar.

La educación no posee finalidades propias, sino que son los agentes implicados en el proceso educativo (estudiantes, docentes y familias) quienes establecen sus aspiraciones (Dewey, 2005). Estas finalidades son diversas, evolucionan con el

desarrollo del alumnado y están influidas por las experiencias docentes. Por ello, es esencial integrar las aspiraciones de los estudiantes en metodologías que promuevan la colaboración con la práctica educativa del profesorado.

A continuación, se muestran recomendaciones para la enseñanza de las ciencias, propuestas por los informes internacionales Rocard, Nuffield y COSCE-Enciende, respectivamente:

- La mejora en la enseñanza de las ciencias debe conseguirse con nuevas formas pedagógicas: la introducción del “enfoque basado en la indagación” en las escuelas, y la creación y apoyo de “redes” entre el profesorado, reflejado en el informe ROCARD (Rocard et al., 2007).
- Los países deben asegurar a profesores de ciencias de la mejor calidad y formación para los estudiantes de Educación Primaria y la primera etapa de la Educación Secundaria. El énfasis en la educación científica antes de los 14 años debería ser el de atraer y cautivar a los estudiantes, a través de oportunidades para trabajo de investigación y experimentación de “Hand-on”, y no basado en un estrés por la adquisición de conceptos puramente canónicos, reflejado en el informe NUFFIELD (Osborne y Dillon, 2008).
- El fomento de la cultura científica en España a través de la potenciación de acciones que impliquen el acercamiento de la ciencia a la sociedad, en particular en el ámbito familiar y del ocio, así como de la comunicación científica, reflejado en el informe COSCE-Enciende (COSCE, 2011).

1.2. Contenidos procedimentales y actitudinales en la competencia científica

La enseñanza de la ciencia, inicialmente denominada Filosofía Natural, comenzó a incorporarse en las instituciones educativas durante la segunda mitad del siglo XVIII. En el siglo XIX, diversos pensadores y educadores, como Huxley, Armstrong, Nunn, Dewey, Mach, Herbart y Condorcet, defendieron la necesidad de acercar el conocimiento científico a la sociedad (Matthews, 2015). Pese a la evolución histórica de la educación científica y a los debates sobre la relevancia de los enfoques teóricos frente a los prácticos, esta tensión continúa vigente y sigue influyendo en la configuración de los currículos científicos actuales.

El marco de evaluación de PISA (OECD, 2017) incorpora la noción de contexto mediante actividades relacionadas con situaciones y problemas reales, así como con la movilización de competencias científicas por parte del alumnado. Sin embargo, estas competencias se evalúan principalmente mediante pruebas estandarizadas e individuales, con respuestas predeterminadas y un predominio de la comunicación escrita.

El investigador (Biesta, 2010) plantea una perspectiva crítica sobre el debate educativo contemporáneo, centrado principalmente en la mejora de los procesos de enseñanza y en la búsqueda de evidencias de eficacia, pero con menor atención a los fines últimos de la educación y al modelo de ciudadanía que se pretende promover en sociedades democráticas. El autor destaca la necesidad de definir qué se entiende por una “buena educación” a partir de sus tres funciones fundamentales: la cualificación, la socialización y la subjetivación. Desde este enfoque, resulta necesario recuperar la reflexión sobre qué aprenden los estudiantes, cómo lo hacen y con qué finalidad. Biesta defiende que las decisiones educativas deben considerar los valores que orientan la práctica, además de las evidencias cuantificables, ya que los indicadores estandarizados no permiten valorar plenamente procesos complejos como el desarrollo de la alfabetización científica.

Los contenidos procedimentales y actitudinales constituyen elementos esenciales en la enseñanza de las ciencias orientada al desarrollo de la competencia científica. En el ámbito de la didáctica de las ciencias en España, el investigador (Pro, 2013) clasifica los contenidos procedimentales en cuatro ámbitos: destrezas de investigación, básicas, técnicas y comunicativas; y los contenidos actitudinales en cuatro categorías: actitudes hacia las ciencias, hacia la actividad científica, respeto por el medio ambiente y hábitos saludables. Esta clasificación se adopta como marco de referencia para el análisis de los contenidos procedimentales y actitudinales presentes en la normativa educativa, constituyendo un elemento clave del marco teórico y metodológico del estudio.

La competencia científica definida por PISA (OECD, 2002; 2017) se entiende como la capacidad de interactuar con cuestiones relacionadas con la ciencia y con el conocimiento científico desde una perspectiva reflexiva y ciudadana. Una persona científicamente competente está preparada para participar en debates fundamentados sobre cuestiones vinculadas con la ciencia y la tecnología, lo que implica movilizar diversas capacidades: explicar fenómenos desde una perspectiva científica, evaluar y diseñar investigaciones científicas, e interpretar datos y evidencias de forma científica. Existe una correspondencia significativa entre las dimensiones que configuran la competencia científica propuesta por PISA y las categorías de contenidos procedimentales y actitudinales establecidas por (Pro, 2013), tal como se recoge en las Tablas 3 y 4.

1.3. La evolución de los currículos de materias científicas en España

Durante la década de 1980 surgió en Estados Unidos una creciente preocupación por la enseñanza de las ciencias, denominada “Science literacy crisis” (Bishop, 1989). Esta situación alcanzó relevancia política y social tras la publicación del informe *A Nation at Risk* (NCEE, 1983), que impulsó diversas iniciativas orientadas a la mejora de la educación científica. En este contexto, el Project 2061, iniciado en 1985, promovió una revisión de la enseñanza de las ciencias en las escuelas. Su primer informe, *Science for All Americans* (AAAS, 1989), destacó la importancia de que la ciudadanía desarrollara la capacidad de utilizar el conocimiento científico y los procesos propios de la ciencia para afrontar cuestiones personales y sociales.

Actualmente, la definición y las mejores actuaciones para integrar la educación STEM, aceptan la diversidad de tareas y responsabilidades que el profesorado STEM debe realizar (Morrison, 2006), muchas de ellas relacionadas con el diseño y la implementación del curriculum, así como la innovación de las actuaciones en el aula para conectarlas con el mundo real.

En el presente trabajo se aborda un análisis de la evolución de los tipos de contenidos en las materias científicas de la legislación española de las últimas décadas, para comprobar la atención prestada a los contenidos procedimentales y actitudinales. Para ello, se estudia la presencia de estos contenidos en los currículos de materias científicas de las sucesivas reformas educativas españolas, concretamente según la LOMLOE (Real Decreto 217/2022, 2022; Real Decreto 243/2022, 2022), la LOMCE (Real Decreto 1105/2014, 2014), la LOE (Real Decreto 1631/2006, 2006; Real Decreto 1467/2007, 2007), la LOCE (Real Decreto 831/2003, 2003; Real Decreto 832/2003, 2003), la LOGSE (Real Decreto 3473/2000, 2000; Real Decreto 3474/2000, 2000), y la Ley General de Educación (Ley 14/1970, 1970). Así, este conjunto de documentos constituye pues, el marco legislativo de nuestro estudio, que se centra en el cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria (estudiantes de 16 años) y en el primer curso de Bachillerato (17 años).

La selección de estos cursos responde principalmente a cuatro razones. En primer lugar, los currículos de las materias científicas presentan una mayor diversidad de contenidos respecto a etapas anteriores. En segundo lugar, el alumnado dispone de conocimientos básicos en competencias complementarias —como la competencia lectora, matemática, digital o lingüística— que resultan necesarias para desarrollar procesos de investigación científica. En tercer lugar, aunque las capacidades de memorización y abstracción son relevantes en estos niveles educativos, se considera necesario promover un equilibrio con otras dimensiones como las habilidades prácticas, la síntesis, la reflexión y la formulación de aspiraciones personales. Finalmente, al tratarse de cursos previos al acceso universitario, estas experiencias pueden contribuir a que el alumnado identifique con mayor claridad sus intereses académicos y profesionales, conectando con el concepto de *sensemaking* (Weick et al., 2005), entendido como la capacidad de construir la propia identidad mediante la interacción social en nuevos contextos. En definitiva, favorecen procesos de reflexión personal, organización de ideas y proyección hacia el futuro.

1.4. Las colaboraciones científicos-profesorado-alumnado para la enseñanza de las Ciencias

Los sistemas educativos de la mayoría de los países desarrollados no disponen de la estructura educativa ni de la organización curricular necesaria para implementar de forma efectiva un enfoque didáctico integrado e interdisciplinar, como el que emerge sinérgicamente de las áreas STEM (Gardner y Tillotson, 2019).

El aprendizaje de disciplinas como la música o el deporte se desarrolla habitualmente mediante la interacción directa con contextos auténticos de práctica y profesionales especializados. Sin embargo, la enseñanza de las ciencias ha permanecido tradicionalmente vinculada al ámbito escolar, apoyándose principalmente en libros de texto, recursos audiovisuales y laboratorios educativos con limitaciones experimentales. Aunque las herramientas digitales han ampliado las posibilidades del aprendizaje STEM y la aproximación a prácticas científicas profesionales (European Commission, 2014; López-Simó et al., 2020), continúan siendo escasas las experiencias en entornos reales de investigación donde el alumnado pueda formular hipótesis, diseñar experimentos y participar en procesos científicos auténticos bajo la supervisión de investigadores. Por ello, resulta necesario avanzar hacia una enseñanza de la Naturaleza de la Ciencia integrada en metodologías STEM que reduzca la distancia entre teoría y práctica (Martín-Páez et al., 2019). A pesar de las décadas de desarrollo educativo y de las sucesivas reformas legislativas en España, la incorporación de aprendizajes científicos contextualizados y vinculados a la práctica real continúa siendo limitada, lo que plantea la necesidad de impulsar nuevas propuestas innovadoras (Lupián-Cobos y Pérez-Cáceres, 2017).

La creatividad es una capacidad fundamental en la actividad científica, ya que la investigación se basa en la generación de nuevas ideas y perspectivas. Por ello, la enseñanza de las ciencias debe favorecer su desarrollo, orientándose no solo a la transmisión de conocimientos cambiantes, sino también al desarrollo de competencias, procedimientos y herramientas que estimulen la curiosidad y la capacidad investigadora del alumnado. El contacto directo con la práctica científica junto a investigadores constituye una experiencia educativa de gran valor, ya que la ciencia no se aprende únicamente mediante métodos establecidos, sino participando en prácticas científicas auténticas (Pérez-Cáceres, 2013). Estas experiencias pueden despertar o fortalecer el interés del alumnado por la ciencia al acercarlo a personas comprometidas con la generación de conocimiento.

La creación de ambientes de aprendizaje motivadores, junto con materiales adecuados y nuevas formas de interacción social, resulta esencial para que el alumnado se aproxime a los procedimientos propios de la actividad científica, especialmente los relacionados con la experimentación. En este contexto, el profesorado debe impulsar propuestas innovadoras que integren aprendizajes vinculados a la naturaleza de la ciencia (Bybee, 2013; Jiménez-Aleixandre, 2011; National Research Council, 2012). Una estrategia eficaz para favorecer la participación del alumnado en procesos de investigación y promover una visión de la ciencia como una actividad creativa, dinámica y en permanente construcción es la incorporación de colaboraciones entre científicos, docentes y estudiantes (Scientist–Teacher–Student Partnerships, STSPs) en la educación científica (McLaughlin et al., 2016), y potenciando la eficacia docente entre el currículo, la enseñanza y la evaluación (Morrell et al., 2020).

Estas colaboraciones se han consolidado como una estrategia relevante en los actuales procesos de reforma de la enseñanza de las ciencias (Houseal et al., 2014), al favorecer el desarrollo de la competencia científica mediante el fortalecimiento del pensamiento investigador (Inquiry thinking) del alumnado (Lee y Butler, 2003). Para garantizar la eficacia de estas colaboraciones es necesario considerar diversos factores, entre ellos la disponibilidad de recursos materiales y humanos especializados, la organización de los grupos de investigación y la gestión de posibles diferencias lingüísticas y culturales entre los participantes (Wormstead et al., 2002). Por ello, la parte final de este trabajo se centra en la identificación y análisis de proyectos nacionales e internacionales (Cáceres y Vílchez-González, 2022) que promueven este tipo de colaboraciones. Así el alumnado no solo aprende ciencia, sino que también aprende sobre la propia naturaleza de la actividad científica.

Objetivos

- Analizar la atención prestada a los contenidos procedimentales y actitudinales, imprescindibles para el desarrollo de la competencia científica, en los currículos de las sucesivas reformas educativas españolas de las últimas décadas. Se comprobará si la evolución de ese tipo de contenidos se adapta a las nuevas tendencias de desarrollo de competencias, en particular la científica.
- Identificar y caracterizar las iniciativas, tanto a nivel nacional como internacional, que pudieran fomentar las colaboraciones STSPs y la competencia STEM para el desarrollo de la competencia científica en la Educación Secundaria.

Método

2.1. Muestra

El análisis de la presencia de contenidos procedimentales y actitudinales se ha realizado a partir del estudio de las sucesivas leyes educativas implementadas en España durante las últimas décadas. Asimismo, con el propósito de identificar iniciativas orientadas al desarrollo de la competencia científica, se llevó a cabo una búsqueda de proyectos educativos de ámbito nacional e internacional relacionados con las colaboraciones entre científicos, docentes y estudiantes (STSPs). La Tabla 1 recoge una selección de estos proyectos, cuyas fuentes de información fueron las siguientes:

- TOP100 Effective Projects to Promote Scientific and Technological (STEM) Careers (Fundación Telefónica, 2014).
- Scientix STEM European Week (Scientix, 2015-2022).
- Artículos de la base de datos Scopus, sección Social Sciences, con la palabra clave “STSPs”.

- Buscadores de webs oficiales de las Consejerías de Educación en España.
- Centros del CSIC (Centro Nacional de Investigaciones Científicas).

Los criterios de identificación y selección de innovaciones han sido: ser una innovación probada, una implementación significativa, una orientación a la réplica, un modelo de sostenibilidad definido, un impacto sobre el contexto local, un modelo económico sostenible, un grado de innovación y resultados cuantificables, y una web que describa estos parámetros.

Tabla 1. Proyectos relacionados con STSP			
Proyecto Educativo	País	Fuente	Web
STEM School Finland	Finlandia	Scientix	http://www.stemschoolfinland.com
Science is Wonderful	EU	Scientix	http://www.scientix.eu/web/guest/projects/project-detail?articleId=1286525
Experimenta	Italy-Spain	Scientix	http://www.scientix.eu/web/guest/projects/project-detail?articleId=1235087
Science E-Robot	EU	Scientix	http://www.scientix.eu/web/guest/projects/project-detail?articleId=1219896
OPEN Science	EU	Scientix	http://www.scientix.eu/web/guest/projects/project-detail?articleId=1202265
Future SPACE	EU	Scientix	http://www.scientix.eu/web/guest/projects/project-detail?articleId=1160575
Lektor2	Noruega	TOP100	http://www.lektor2.no/
ENT3R	Noruega	TOP100	http://www.realfagsrekruttering.no/verktoy-for-laeree-og-evever/ent3r-2-2/
Matena	Suecia	TOP100	http://www.matena.se/
Wyeth	Irlanda	TOP100	http://www.bitc.ie/case_study/wyeth/
Course en Cours	Francia	TOP100	https://www.course-en-cours.com/
Frontieres du Vivant	Francia	TOP100	http://cri-paris.org/
British Science Association	Reino Unido	TOP100	http://www.britishscienceassociation.org
STEMnet	Reino Unido	TOP100	http://www.stemnet.org.uk/
GLOBE	USA	Scopus	http://www.globe.gov/es/home
Citizen Schools	USA	TOP100	https://www.citizenschools.org/
High Tech High	USA	TOP100	https://www.hightechhigh.org/
Science Career Ladder	USA	TOP100	http://nysci.org/projects-main/explainers-folio/
Girlstart	USA	TOP100	http://girlstart.org/
High Scope Project	Taiwan		http://english.moe.gov.tw/cp-14-17157-7B5BB-1.html
JUMPMath	Canadá	TOP100	https://jumpmath.org
Shell Science Circus	Australia	TOP100	http://www.questacon.edu.au/outreach/programs/science-circus
ScienceLab	Alemania	TOP100	https://www.science-lab.org
Science has Future	Republica Checa	TOP100	http://www.vedamabudoucno.cz
Primary Science Intervention	Sudáfrica	TOP100	http://goo.gl/NzrfyL
100KSTRONG in the Americas	Mexico	TOP100	http://www.100Kstrongamer
Inst. Yachay Wasi	Perú	TOP100	http://www.yachaywasi.org
Profundiza	España	Consejería Educ. Andalucía	http://profundiza.org
El CSIC en la Escuela	España	CSIC	http://www.csiclenlaescuela.csic.es
Campus Verano FECYT	España	FECYT	https://www.campuscientificos.es
Proyecto STEAM	España	Consejería Educ. Andalucía	https://blogsaverroes.juntadeandalucia.es/tde/proyecto-steam-investigacion-aeroespacial-aplicada-al-aula/
ScienceIES	España	Scientix and CSIC	http://www.piiiisaandalucia.blogspot.com/?m=1

2.2. Instrumento de análisis

Para el análisis de la presencia de contenidos procedimentales y actitudinales en los currículos de las disciplinas científicas de la normativa española se ha utilizado un protocolo de observación elaborado a partir de las categorías de clasificación de contenidos procedimentales (Pro, 2013). Los contenidos procedimentales corresponden a habilidades de investigación, destrezas básicas, destrezas técnicas y destrezas comunicativas; por su parte, los contenidos actitudinales se corresponden con actitudes hacia las ciencias, hacia la actividad científica, hacia el medio y hacia los hábitos saludables.

Tabla 2.

Categorías de clasificación de contenidos procedimentales (Pro, 2013)

HABILIDADES DE INVESTIGACIÓN	DESTREZAS BÁSICAS
Identificación de problemas Emisión de hipótesis Realización de predicciones Relación entre variables Diseño experimental Análisis de datos Establecimiento conclusiones	Observación Clasificación Seriación Medición Tabulación Representación de datos
DESTREZAS TÉCNICAS	DESTREZAS COMUNICATIVAS
Realización de montajes Construcción de aparatos Construcción de maquetas Utilización de técnicas informáticas	Representación simbólica Identificación de ideas Utilización de diversas fuentes Elaboración de informes

Tabla 3.

Categorías de clasificación de contenidos actitudinales (Pro, 2013)

HACIA LAS CIENCIAS
Interés por las ciencias Valoración del trabajo científico: importancia y dificultades Apreciación de limitaciones y provisionalidad de los conocimientos Valoración de la incidencia tecnológica y social del conocimiento
HACIA LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA
Rigor y precisión en la recogida de información Honestidad intelectual Coherencia entre datos-análisis-inferencias y conclusiones Tolerancia y respeto a los otros Curiosidad Creatividad en la emisión de hipótesis, diseño de estrategias, etc. Respeto de las normas de seguridad
RESPECTO POR EL MEDIO
Valoración de las aportaciones de la ciencia en la mejora del medio Adopción de posturas críticas frente al deterioro del ambiente Preocupación por el desarrollo sostenible Conocer y usar servicios de la comunidad en relación con la conservación del medio
HÁBITOS SALUDABLES
Adopción de hábitos de comportamiento saludables Adopción de posturas críticas frente a conductas no saludables Adopción de hábitos de higiene corporal y mental Conocer y usar servicios de la comunidad relacionados con la salud y el consumo

Para el análisis de los proyectos educativos, se ha diseñado una plantilla de dimensiones construida a partir de ítems relacionados con las recomendaciones de los informes internacionales, y de algunos autores de vanguardia en el estudio de las innovaciones en la enseñanza de las ciencias en la actualidad (Tabla 4). Entre los factores identificados como elementos favorecedores del desarrollo de la alfabetización científica del alumnado destacan: la participación en experiencias de aprendizaje social fuera del centro educativo; el acompañamiento y seguimiento por parte del profesorado del instituto; la tutorización del proceso de aprendizaje por científicos profesionales; el uso de instrumentación y metodologías científicas en contextos reales de investigación; la continuidad del proceso formativo durante un curso académico completo; la comunicación de los resultados de investigación en inglés mediante diversos formatos (pósteres, artículos o revistas digitales, entre otros); la presentación oral de los trabajos en inglés en congresos científicos; y la reflexión personal sobre la experiencia desarrollada a través de la actividad “My own ideas”.

Tabla 4.

Descripción de ítems para análisis de proyectos educativos.

1. País: donde se realiza el proyecto educativo.
2. Nombre: del proyecto en el país correspondiente.
3. Edad: intervalo de edad del alumnado que participa en el proyecto.
4. IES: se realiza únicamente dentro del aula del Instituto con profesorado de Secundaria.
5. Científico: un investigador profesional visita el Instituto para dar un seminario o hacer alguna experiencia científica.
6. Lab: la investigación es guiada por un científico profesional mediante un experimento en un laboratorio real de un Centro de Investigación o una Universidad, con los instrumentos, técnicas y métodos de trabajo que los caracterizan.
7. Tiempo: el tiempo que el estudiante dedica a integrarse en su grupo de investigación junto a su científico, y realizar las actividades del programa se desarrolla a lo largo de todo un curso académico.
8. Congreso: se fomenta la presentación y defensa de los resultados de investigación mediante una ponencia oral en inglés en un congreso científico.
9. Publicación: se fomenta la publicación escrita, tanto en inglés como en castellano, de resultados de investigación en forma de memoria, póster y artículo científico.
10. Reflexión: se fomenta la reflexión personal del alumnado sobre su experiencia personal y sus aprendizajes durante el desarrollo del proyecto mediante la actividad "My own ideas".

2.3. Procedimiento

Para el análisis de la presencia de contenidos procedimentales y actitudinales en los documentos legislativos de la muestra se ha procedido a una revisión de los mismos para identificar aquellos términos que, por coincidencia, se ajustan a los de la categorización presentada por el investigador (Pro, 2013) (Tablas 2 y 3), por tanto, no existe una unidad mínima de análisis como tal.

Para establecer la comparación entre los distintos tipos de contenidos curriculares, se analizaron las legislaciones LOGSE, LOCE y LOE mediante el recuento del número de contenidos incluidos en cada bloque temático de las diferentes materias, calculando posteriormente el porcentaje correspondiente a contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales. En el caso de la LOMCE se utilizaron los estándares de aprendizaje evaluables, mientras que en la LOMLOE se analizaron los saberes básicos, siguiendo el mismo procedimiento de categorización. El porcentaje final se obtuvo a partir de la suma de los contenidos procedimentales y actitudinales identificados en cada bloque temático, considerando como contenidos conceptuales aquellos elementos que no presentaban correspondencia con las categorías establecidas. Se consideró como "realizable" cualquier término que mostrara una relación conceptual con las categorías procedimentales o actitudinales, aunque dicha relación no estuviera formulada explícitamente en el currículo. En cuanto a las iniciativas orientadas al desarrollo de la alfabetización científica, estas fueron analizadas a partir de los indicadores definidos en el apartado anterior (Tabla 4). Para ello, se revisaron las características de cada proyecto descritas en sus respectivas páginas web, identificando la presencia de aquellos elementos relacionados con los criterios establecidos.

Resultados

En la Tabla 5 se muestra la proporción de contenidos procedimentales y actitudinales en las distintas materias de disciplinas científicas de las leyes educativas españolas de las últimas décadas.

Tabla 5.

Porcentaje de contenidos procedimentales y actitudinales de disciplinas científicas en legislación española (*)

LEY	4º ESO					1º Bachillerato				
	F	B	T	C	A	F	B	C	N	T
LOMLOE	34/22	28/18				16/21	22/25			
LOMCE	35/20	34/22	45/21	33/44	45/55	32/8	22/17	26 /31	25 /21	26 /13
LOE	22 /28	28 /25	36 /21			25 /30	18 /10	25 /42		
LOCE	14 /15	8 /8	54 /29			15 /4	14 /8			
LOGSE	13 /13	13 /13	27 /7			8 /11	11 /11			
LGE	No se contemplan contenidos procedimentales ni actitudinales									

NOTA: (*) Código de las celdas: procedimentales / actitudinales (porcentaje en relación al total de contenidos). F: Física y Química, B: Biología y Geología, T: Tecnología, C: Cultura Científica, A: Ciencias Aplicadas, N: Anatomía

Un análisis de las materias tradicionales, como son la Física y Química y la Biología y Geología, pone de manifiesto que presentan unos porcentajes de contenidos procedimentales comprendidos entre el 8% y el 35%, y actitudinales, entre el 8% y el 30%. Se puede observar cómo el porcentaje de contenidos procedimentales es superior en la LOMCE y LOMLOE, y el de contenidos actitudinales, en la LOE y LOMLOE. En la LOCE y la LOGSE estos tipos de contenidos no superan el 13%.

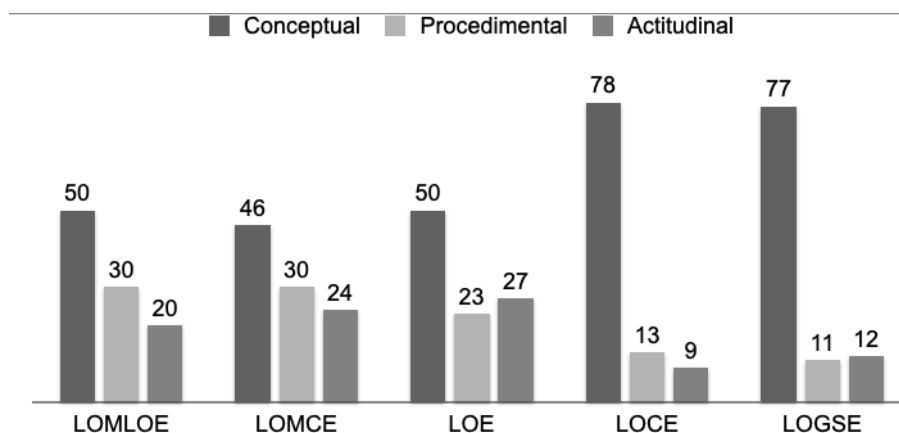
Concretamente, se observa cómo en Física y Química de 4º de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO), la tendencia de la legislación española ha sido aumentar progresivamente la cantidad de contenidos procedimentales desde la LOGSE a la LOMLOE, del 13% al 35%. En cuanto a los contenidos actitudinales, su presencia aumenta también progresivamente, pasando de un 12% en la LOGSE a un 20% en la LOMLOE. Por otra parte, en 1º de Bachillerato los contenidos procedimentales aumentan considerablemente hasta un 25% en la LOMCE y LOMLOE, produciéndose un descenso muy significativo de los contenidos actitudinales en la LOGSE y LOCE.

En Biología y Geología de 4º de ESO aumenta considerablemente la cantidad de contenidos procedimentales desde la LOGSE a LOMCE y LOMLOE, del 13% al 34-28%, siendo especialmente bajo en la LOCE con un 8%. En cuanto a los contenidos actitudinales, aumentan de la LOGSE a la LOMCE y LOMLOE del 13% al 22-18%, pasando por un mínimo del 8% en la LOCE, y alcanzando un máximo del 25% en la LOE. En 1º de Bachillerato, la tendencia es claramente al alza respecto a los procedimentales, pasando de un 8% de la LOGSE a un 22% en la LOMCE y LOMLOE. Igualmente, los actitudinales aumentan de un 11% en LOGSE a un 22% en LOMCE y LOMLOE.

En la Figura 1 se muestra un análisis general de cada legislación. Se observa una disminución paulatina en contenidos puramente conceptuales con el paso del tiempo, pasando de un elevado 77% en LOGSE a un moderado 50% en LOMLOE. Esa diferencia se va traduciendo en un aumento en contenidos procedimentales y actitudinales, pasando del 11% al 30% y del 12% al 24% respectivamente, de LOGSE a LOMCE y LOMLOE. En ese sentido, la evolución de las leyes educativas hacia una enseñanza de las materias científicas más práctica y reflexiva, asociada a los contenidos procedimentales y actitudinales respectivamente, se adapta a las nuevas tendencias de desarrollo de competencias, en particular la científica.

Figura 1.

Porcentaje de contenidos conceptuales/procedimentales/actitudinales en las diferentes legislaciones.



Por otra parte, en relación con las iniciativas nacionales e internacionales de alfabetización científica, en la Tabla 6, se muestran los resultados de aplicar el instrumento de análisis a la muestra seleccionada.

Tabla 6.

Proyectos educativos e ítems alcanzados para una alfabetización científica en contextos reales de investigación científica.

País	Proyecto Educativo	Edad	IES	Científico	Lab	Tiempo	Congreso	Publicación	Reflexión
Finlandia	Steam School Finland	4-16	√						
EU	Science is Wonderful	6-18	√	√					
Italy-Spain	Experimenta	6-18	√	√					
EU	Science E-Robot	10-17	√	√			√		
EU	OPEN Science	10-18	√	√					
EU	Future SPACE	12-18	√	√					
Noruega	Lektor2	6-18	√	√	√				
Noruega	ENT3R	12-18	√	√					
Suecia	Matena	18	√	√					
Irlanda	Wyeth	6-18	√	√					
Francia	Course en Cours	4-18	√	√			√		
Francia	Frontieres du Vivant	18-25	√	√					
UK	British Science Asso	4-18	√	√	√		√	√	√
UK	STEMnet	4-18	√	√			√		
USA	GLOVE	6-18	√	√					
USA	Citizen Schools	12-18	√	√					
USA	High Tech High	8-18	√	√	√		√		
USA	Science Career Ladder	12-25	√	√					
USA	Girlstart	16-18	√	√					
Taiwan	High Scope Project	6-18	√						
Canadá	JUMPMath	4-16	√						
Australia	Shell Science Circus	4-18	√	√					
Alemania	ScienceLab	4-12	√						
Rep. Checa	Science has Future	6-18	√	√					
Sudáfrica	Primary Science Intervention	12-16	√	√					
México	100KSTRONG in the Americas	16-25	√	√			√		
Perú	Inst. Yachay Wasi	6-18	√	√					
España	Profundiza	8-16	√				√		
España	El CSIC en la Escuela	6-14	√	√					
España	CampusVerano FECYT	14-18	√	√	√			√	
España	STEAM	12-18	√						
España	ScienceIES	14-17	√	√	√	√	√	√	√

Como se puede observar, de entre los proyectos educativos analizados destacan “ScienceIES” en España y “British Science Association” en Reino Unido, por cubrir todos o casi todos los ítems analizados que consideramos adecuados para promover el tratamiento de contenidos procedimentales y actitudinales, así como la competencia científica contextualizada en centros de investigación profesionales.

El estudio de sus objetivos, las metodologías y los resultados de estas dos iniciativas indican que parecen contribuir de forma efectiva en la enseñanza de las ciencias, siendo sus señas de identidad fundamentales permitir a los estudiantes:

- Experimentar un aprendizaje activo y social dentro y fuera de los centros de secundaria.
- Involucrarse en proyectos de investigación guiados por científicos en contextos de centros de investigación reales en la frontera del conocimiento.
- Tener su primer contacto con la investigación y descubrir de primera mano y de forma práctica qué es, cómo se hace y la incidencia social del conocimiento.
- Aprender con una metodología muy rica en nuevas relaciones estudiante-científico, nuevas atmósferas de aprendizaje, nuevos materiales y herramientas, y nuevas formas de entender el conocimiento.
- Publicar sus resultados de investigación en diferentes formatos escritos (artículos, pósters y webs), así como de forma oral en diferentes idiomas en un congreso científico.

Además, el programa *ScienceIES* incorpora una actividad de reflexión denominada “My own ideas”, en la que el alumnado analiza y expresa con sus propias palabras sus experiencias y aprendizajes durante el proceso de investigación, favoreciendo la autorreflexión sobre sus intereses y aspiraciones personales (Alché et al., 2015;

Romero-Rodríguez et al., 2022). Asimismo, destaca que cada proyecto culmina con la publicación de los resultados obtenidos en formato científico en el propio Scientific Journal del programa (ScienceIES, 2022).

Discusión

Los resultados muestran que, aunque los contenidos conceptuales continúan siendo predominantes en las legislaciones educativas más recientes, se aprecia una tendencia hacia un incremento de la presencia de contenidos procedimentales y actitudinales, especialmente de los primeros. Esta evolución resulta coherente con la incorporación explícita del desarrollo de la competencia científica como finalidad educativa en la LOMCE y la LOMLOE.

Las legislaciones educativas más recientes presentan una mayor extensión y emplean un mayor número de términos específicos para definir los contenidos curriculares, lo que ha facilitado la identificación y categorización de aquellos elementos relacionados con las dimensiones propuestas por Pro utilizadas en este análisis. En relación con las iniciativas de alfabetización científica, la localización de ejemplos ha resultado más compleja debido a la limitada presencia de colaboraciones STSPs a nivel internacional. Estados Unidos parece concentrar el mayor número de experiencias de este tipo.

Los proyectos seleccionados representan aquellos que muestran una mayor correspondencia con las recomendaciones sobre alfabetización científica recogidas en los informes internacionales analizados, aunque podrían existir otras iniciativas similares que requerirían un estudio más exhaustivo en futuras investigaciones. No obstante, se observa un incremento significativo a nivel internacional de proyectos educativos STEM desarrollados por el profesorado en los propios centros de Educación Secundaria.

Se destacan como ejemplos de colaboración innovadora entre científicos, docentes y estudiantes (STSPs) los proyectos *ScienceIES* y *British Science Association*, desarrollados a lo largo de un curso académico, debido a su capacidad para facilitar la interacción del alumnado con centros nacionales de investigación, universidades y empresas. A través de procesos de investigación guiados por científicos, estas iniciativas permiten al alumnado aproximarse al significado auténtico de la actividad científica y comprender que la ciencia no constituye un conocimiento acabado que pueda adquirirse únicamente mediante libros de texto. Desde esta perspectiva, la investigación científica se presenta como una actividad dinámica, creativa y profundamente humana, basada en la formulación de preguntas relevantes, la selección de estrategias metodológicas adecuadas para responderlas y la reflexión continua sobre los resultados obtenidos. De este modo, el alumnado puede comprender la ciencia como un proceso de construcción permanente del conocimiento, caracterizado por la revisión constante y la generación de nuevos interrogantes.

Actualmente, en ScienceIES han participado entorno a 15.000 estudiantes, 600 científicos y 500 profesores de instituto, en los trece años que la iniciativa se viene realizando en diferentes provincias de España. Similarmente, en British Science Association entorno a 250.000 estudiantes, 1500 científicos y miles de profesores de institutos del Reino Unido. La iniciativa ScienceIES se han divulgado en diferentes congresos internacionales de Educación (Pérez-Cáceres, 2013; Cáceres, 2017; Cáceres y Moos, 2018).

Estos contextos educativos permiten tanto al alumnado como al profesorado de Educación Secundaria innovar en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, favoreciendo la creación de nuevos materiales didácticos y propuestas

curriculares fundamentadas en experiencias STSPs desarrolladas en contextos STEM. Por ello, el conocimiento y difusión de estas iniciativas puede contribuir al diseño de nuevos proyectos cada vez más eficaces a nivel internacional.

Las principales conclusiones que se pueden extraer de este estudio son las siguientes:

- Las diferentes leyes educativas españolas son deficitarias en la incorporación de contenidos procedimentales, y especialmente actitudinales.
- Se observa, eso sí, una tendencia creciente hacia una mayor consideración de los contenidos procedimentales y actitudinales, en consonancia con las actuales orientaciones educativas y con la necesidad de promover el desarrollo de la competencia científica en el contexto STEM.
- A nivel internacional existen pocos proyectos educativos basados en colaboraciones STSPs desarrolladas en contextos reales de investigación y tutorizadas por científicos profesionales vinculados a la frontera del conocimiento. No obstante, se observa un notable incremento de iniciativas centradas en la enseñanza práctica de la ciencia y el desarrollo de competencias STEM promovidas por el profesorado en los propios centros educativos.

La metodología de los proyectos educativos “ScienceIES” y “British Science Association” ponen en práctica muchos de los procesos que esconden las teorías educativas más relevantes en la actualidad, consiguiendo muchas de las recomendaciones que sugieren los informes internacionales, y cubre todos los procedimientos y actitudes de (Pro, 2013).

Referencias

Alché, JD, Espinosa, M, Martínez-Abarca, F, Palma, JM (2015). High School Students for Agricultural Science Research. (69). Granada: Estación Experimental del Zaidín. ISSN: 2340-9746.

American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1989). Science for All Americans. Washington, DC. American association for the Advancement of science. Also published by Oxford University Press (1990). ISBN: 9780195067716.

Biesta, GJJ (2010). Good Education in an Age of Measurement: Ethics, Politics, Democracy. Boulder, CO: Paradigm Publisher. ISBN13: 9781594517907.

Bishop, JD (1989). Scientific Illiteracy: Causes, Costs, and Cures. En AB. champagne, BE Lovitts, & BJ Calinger (Eds), This Year in School Science 1989: Scientific Literacy (41-88). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science. ISBN: 9780871683403.

Bybee, RW (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. Arlington, VA: National Science Teachers Association. ISBN:9781936137710.

Cáceres, FJP (2017). ScienceIES: apostando por las colaboraciones estudiantes-profesores-científicos (sTSPs). En X Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Sevilla. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Cáceres, FJP, & Moos, L (2018). Improving secondary students' scientific literacy and motivation: The partnership project for the initiation of research at high school (ScienceIES). En Inclusion and Exclusion: Resources for Educational Research. European Conference on Educational Research (ECER), Bolzano.

Cáceres, FJP, & Vilchez-González, JM (2022, 15–20 de mayo). Astrobiology come true as a subject at high school: Implementing a curriculum for the first time in Spain [Presentación en congreso]. Astrobiology Science Conference (AbSciCon), Atlanta, GA, Estados Unidos.

Confederación de Sociedades Científicas de España (COSCE) (2011). Informe ENCIENDE: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica escolar para edades tempranas en España. Madrid. ISBN: 978-84-614-8082-3.

Dewey, J (2005). Democracy and Education. New York: Macmillan. ISBN: 9780486417665.

European Commission (2014). EU skills panorama: STEM skills analytical highlight. Luxembourg: European Commission. <https://doi.org/10.2767/>

Fundación Telefónica. (2014). Top 100 innovaciones educativas: 100 proyectos eficaces para fomentar las vocaciones científico-tecnológicas. Fundación Telefónica. ISBN: 978-84-15282-13-6.

Gardner, M, & Tillotson, JW (2019). Interpreting integrated STEM: sustaining pedagogical innovation within a public middle school context. International Journal of Science and Mathematics Education, 17, 1283-1300. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9927-6>

Houseal, AK, Abd-El-Khalick, F, & Destefano, L (2014). Impact of a student-teacher-scientist partnership on students' and teachers' content knowledge, attitudes toward science, and pedagogical practices. Journal of Research in Science Teaching, 51(1), 84–115. <https://doi.org/10.1002/tea.21125>

- Jiménez-Aleixandre, MP (2011). Las prácticas científicas en la investigación y en la clase de ciencias. Ponencia plenaria de los XXV Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Santiago de Compostela: APICE.
- Lave, J, & Wenger, E (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. ISBN: 9780521423748.
- Lee, HS, & Butler, N (2003). Making authentic science accessible to students. *International Journal of Science Education*, 25(8), 923–948. <https://doi.org/10.1080/09500690305023>
- Ley 14/1970, de 4 de agosto, General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa. Boletín Oficial del Estado, 187, de 6 de agosto de 1970.
- López-Simó, V, Couso-Lagarón, D, & Simarro-Rodríguez, C (2020). Educación STEM en y para un mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia* 20 (62). <https://doi.org/10.6018/red.412751>
- Lupión-Cobos, T, & Pérez-Cáceres, FJ (2017). Apostando por las vocaciones científicas desde la Educación Secundaria: Oportunidades mediante investigaciones con el programa ScienceIES (PIISA). Málaga: Universidad de Málaga.
- Martín-Páez, T, Aguilera, D, Perales-Palacios, FJ, & Vilchez-González, JM (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*. 103, 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Matthews, MR (2015). *Science Teaching. The contribution of history and philosophy of science*. Routledge: New York.
- McLaughlin, C, Broo, J, MacFadden, B, & Moran, S (2016). Not looking a gift horse in the mouth: Exploring the merits of a student-teacher-scientist partnership. *Journal of Biological Education*, 50(2), 174–184. <https://doi.org/10.1080/00219266.2015.1028571>
- Morrell, PD, Park Rogers, MA, ..., & Veal, WR (2020). Preparing teachers of science for 2020 and beyond: Highlighting changes to the NSTA/ASTE standards for science teacher preparation. *Journal of Science Teacher Education*, 31(1), 1–7. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1703768>
- Morrison, JS (2006). TIES STEM education monograph series: Attributes of STEM education: the students, the academy, the classroom. Minneapolis, MN: TIES.
- National Commission on Excellence in Education (NCEE) (1983). *A nation at risk: The imperative for education*. Washington, DC: U.S. Department of Education.
- National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. ISBN: 9780309217422.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OCDE) (2002). *Definition and Selection of Competences (DeSeCo): Theoretical and conceptual foundations*. París: OECD. <http://www.deseco.admin.ch/bfs/deseco/en/index/02.html>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OCDE) (2017). *PISA 2015 Assessment and analytical framework. Science, reading, mathematics and financial literacy and collaborative problem solving*. París: OECD. ISBN: 9789264281820.
- Osborne, J, & Dillon, J (2008). *Science education in Europe: Critical reflections: A report to the Nuffield Foundation*. Nuffield Foundation.
- Pérez-Cáceres, FJ (2013). PIISA: Project to introduce research and innovation into secondary schools in Andalucía. "The young science in search of the future...or vice versa". En AMR García-Calvillo, T Ramiro-Sánchez, & MP Bermúdez (Eds), *Libro de Actas del II Congreso Internacional de Ciencias de la Educación y el Desarrollo* (p. 468). Asociación Española de Psicología Conductual (AEPIC).
- Pro, A (2013). Enseñar procedimientos: por qué y para qué. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 73, 69-76.
- Real Decreto 3473/2000, de 29 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1007/1991, de 14 de junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 14, de 16 de enero de 2001.
- Real Decreto 3474/2000, de 29 de diciembre, por el que se modifican el Real Decreto 1700/1991, de 29 de noviembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato, y el Real Decreto 1178/1992, de 2 de octubre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas del bachillerato. Boletín oficial del Estado, 14, de 16 de enero de 2001.
- Real Decreto 831/2003, de 27 de junio, por el que se establece la ordenación general y las enseñanzas comunes de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 158, de 3 de julio de 2003.
- Real Decreto 832/2003, de 27 de junio, por el que se establece la ordenación general y las enseñanzas comunes del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 159, de 4 de julio de 2003.
- Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 5, de 5 de enero de 2007.
- Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. Boletín Oficial del Estado, 266, de 6 de noviembre de 2007.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por la que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 3, de 3 de enero de 2015.
- Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. Boletín Oficial del Estado, 76, de 30 de marzo de 2022. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/29/217>
- Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 82, de 6 de abril de 2022. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-5521>
- Rocard, M, Csermely, P, Jorde, D, Lenzen, D, Walberg-Henriksson, H, & Hemmo, V (2007). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Commission.
- Romero-Rodríguez, C, Pérez-Gil, E, Cabrerizo, D, Fernández, J, & Martínez-Abarca, F (2022). Identifying novel retrans by bioinformatics analysis in High School Students for Agricultural Science Research. En JD Alché et al. (Eds), *High School Students*

for Agricultural Science Research, 11, 3–16. Granada: Estación Experimental del Zaidín, CSIC. ISSN: 2340-9746.

ScienceIES (2022). ScienceIES Journal. Proyecto Educativo ScienceIES (PIIIISA). Estación Experimental del Zaidín–CSIC / Universidad de Málaga. ISSN: 2530-416X.

Scientix (2015–2022). STEM European Week. Brussels: European Schoolnet.

Weick, KE, Sutcliffe, KM, & Obstfeld, D (2005). Organizing and the process of sensemaking. *Organization Science*, 16 (4), 409-421. <https://doi.org/10.1287/orsc.1050.0133>

Wenger, E (1998). *Communities of practice. Learning, meaning and identity*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN: 9780521663632.

Wormstead, SJ, Becker, ML, & Congalton, RG (2002). Tools for successful student-teacher-scientist partnerships. *Journal of Science Education and Technology*, 11(3), 259-268.