



UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
TESIS DOCTORAL

Enseñanza de STEM en Educación Primaria
con metodologías activas y tecnologías

D. Javier Arabit García
2023



UNIVERSIDAD DE MURCIA
ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
TESIS DOCTORAL

Enseñanza de STEM en Educación Primaria
con metodologías activas y tecnologías

Autor:

D. Javier Arabit García

Directores:

D.^a M.^a Paz Prendes Espinosa
y D. José Luis Serrano Sánchez



**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD
DE LA TESIS PRESENTADA EN MODALIDAD DE COMPENDIO O ARTÍCULOS PARA
OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

Aprobado por la Comisión General de Doctorado el 19-10-2022

D./Dña. Javier Arabit García

doctorando del Programa de Doctorado en

Tecnología Educativa

de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Murcia, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y titulada:

Enseñanza de STEM en Educación Primaria con metodologías activas y tecnologías

y dirigida por,

D./Dña. M.^a Paz Prendes Espinosa

D./Dña. José Luis Serrano Sánchez

D./Dña.

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Además, al haber sido autorizada como compendio de publicaciones o, tal y como prevé el artículo 29.8 del reglamento, cuenta con:

- *La aceptación por escrito de los coautores de las publicaciones de que el doctorando las presente como parte de la tesis.*
- *En su caso, la renuncia por escrito de los coautores no doctores de dichos trabajos a presentarlos como parte de otras tesis doctorales en la Universidad de Murcia o en cualquier otra universidad.*

Del mismo modo, asumo ante la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada, en caso de plagio, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Murcia, a 14 de septiembre de 2023

Fdo.: Javier Arabit García



UNIVERSIDAD DE
MURCIA

D^a. M. PAZ PRENDES ESPINOSA, Catedrática de Universidad del Área de Didáctica y Organización Escolar en el Departamento de Didáctica y Organización Escolar, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada "Enseñanza de STEM en Educación Primaria con metodologías activas y tecnologías", realizada por D. Javier Arabit García, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 28 de julio de 2023

PRENDES
ESPINOSA
MARIA PAZ

Firmado digitalmente
por PRENDES
ESPINOSA MARIA PAZ
Fecha: 2023.07.28
12:47:51 +02'00'

D. José Luis Serrano Sánchez, Profesor Titular de Universidad del Área de Didáctica y Organización Escolar en el Departamento de Didáctica y Organización Escolar, AUTORIZA:

La presentación de la Tesis Doctoral titulada "Enseñanza de STEM en Educación Primaria con metodologías activas y tecnologías", realizada por D. Javier Arabit García, bajo mi inmediata dirección y supervisión, y que presenta para la obtención del grado de Doctor por la Universidad de Murcia.

En Murcia, a 28 de julio de 2023

SERRANO
SANCHEZ
JOSE LUIS

Firmado digitalmente
por SERRANO
SANCHEZ JOSE LUIS -
Fecha: 2023.07.28
09:07:25 +02'00'

“El verdadero viaje de descubrimiento consiste no en buscar nuevos paisajes, sino en mirar con nuevos ojos.”

Marcel Proust
(En busca del tiempo perdido)

© Javier Arabit García, 2023. “Enseñanza de STEM en Educación Primaria con metodologías activas y tecnologías”

Universidad de Murcia

Cómo citar:

Arabit-García, J. (2023). *Enseñanza de STEM en Educación Primaria con metodologías activas y tecnologías*. [Tesis doctoral, Universidad de Murcia].

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Carmen y Rafa, por los valores que me han transmitido. Por estar siempre ahí. Son un ejemplo de superación y la constatación de que, con humildad, dignidad y esfuerzo, se puede lograr lo que te propongas. Especialmente a mi madre, que no ha dejado de preguntarme cada semana por la tesis, tratando de disuadir mi esencia procrastinadora, como ya hizo durante el colegio, el instituto, la carrera, el máster y las oposiciones. A mi familia, a mis amigos y amigas. Son mi tesoro más preciado. A Víctor, por compartir su vida conmigo y por ser para mí el mejor ejemplo de constancia, dedicación y excelencia en su trabajo y en su labor como investigador y docente.

A las comunidades educativas en las que he tenido el privilegio de formar parte: a los maestros y maestras, a mis alumnos y alumnas, por enseñarme casi todo lo que sé sobre la enseñanza. Las trincheras de la educación están en las aulas de los colegios, allí donde cada error es un aprendizaje y cada acierto una enorme satisfacción. Se dice mucho porque es verdad: es la profesión más bonita del mundo.

A los participantes (socios europeos, investigadores internacionales, profesorado, alumnado, familias y directores de centros educativos) del proyecto CREATE-Skills. Al GITE (Grupo de Investigación en Tecnología Educativa) de la Universidad de Murcia, especialmente a los grandes profesionales que me han ayudado y han colaborado conmigo en algún momento de mi trayectoria en el máster (germen de mi tesis) y en el doctorado: Mallema Sánchez, Isabel Gutiérrez, Isabel Solano, Víctor González, Pedro Antonio García Tudela y Marimar Román.

Por último, pero principalmente, a mis directores de tesis. A José Luis Serrano, por su afecto sincero, por abrirme las puertas del GITE en mis primeros pasos como investigador principiante (en las prácticas del máster), por tenerme siempre en mente, por inspirarme y motivarme constantemente con valiosos consejos y herramientas para gestionar mejor mi tiempo y mis recursos. Y dejo para el final a la principal responsable de que esta tesis sea una realidad: M.^a Paz Prendes. Su generosidad y profesionalidad no conoce límites. Gracias por tanto. Por respetar mis silencios y periodos de inactividad, y por tolerar mis impulsos y urgencias. Por poner el listón alto, por su exigencia y rigurosidad. Por no dejarme caer, por estar siempre presente... un sábado por la noche, un domingo a mediodía, una tarde de agosto. Para mí, y para muchos, es una eminencia.

De corazón, gracias a todos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	14
ÍNDICE DE FIGURAS	15
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	16
RESUMEN	18
ABSTRACT	20
1. INTRODUCCIÓN	23
1.1. ORIGEN DE ESTA INVESTIGACIÓN	25
1.2. JUSTIFICACIÓN	27
1.3. DATOS DE LAS PUBLICACIONES DE LA TESIS POR COMPENDIO	29
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	35
2.1. LAS STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA	37
2.1.1. El término STEM	37
2.1.2. Las competencias STEM en Educación Primaria	38
2.1.3. STEM y perspectiva de género.....	43
2.2. METODOLOGÍAS ACTIVAS PARA LA ENSEÑANZA DE STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA.....	46
2.2.1. Las metodologías activas	46
2.2.2. Enseñanza de STEM con metodologías activas en Primaria	48
2.3. TECNOLOGÍAS, PLATAFORMAS Y REA PARA LA ENSEÑANZA DE STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA.....	50
2.3.1. Tecnologías avanzadas.....	50
2.3.2. Plataformas	54
2.3.3. Recursos Educativos Abiertos	55
2.4. CONCLUSIONES DEL MARCO TEÓRICO.....	57
3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	61
3.1. PROBLEMA Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	63
3.2. MÉTODO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	64
3.3. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN: EL PROYECTO CREATE-SKILLS	65
3.4. FASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	66
3.5. PARTICIPANTES.....	67

3.5.1. Participantes en el análisis de necesidades.....	67
3.5.2. Participantes en la fase de evaluación de la experiencia de innovación educativa.....	68
3.6. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS	70
3.6.1. Instrumentos para el análisis de necesidades.....	70
3.6.2. Instrumentos para la evaluación de la experiencia	71
3.7. PROCEDIMIENTO	72
3.8. ANÁLISIS DE DATOS	74
3.9. ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	76
4. COMPENDIO DE PUBLICACIONES.....	77
4.1. ARTÍCULO 1: “METODOLOGÍAS Y TECNOLOGÍAS PARA ENSEÑAR STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA: ANÁLISIS DE NECESIDADES”.....	79
4.2. ARTÍCULO 2: “LA ENSEÑANZA DE STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA DESDE UNA PERSPECTIVA DE GÉNERO”	101
4.3. ARTÍCULO 3: “USO DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA”	114
4.4. ARTÍCULO 4: “RECURSOS EDUCATIVOS ABIERTOS Y METODOLOGÍAS ACTIVAS PARA LA ENSEÑANZA DE STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA”	136
5. RESUMEN DE RESULTADOS.....	155
5.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE NECESIDADES	157
5.1.1. Alumnado	157
5.1.2. Profesorado.....	159
5.1.3. Familias	161
5.1.4. Directores de centros.....	163
5.2. LA PLATAFORMA CREATE-SKILLS	164
5.3. RESULTADOS DE LA FASE DE EVALUACIÓN	166
5.3.1. Alumnado	166
5.3.2. Profesorado.....	167
5.3.3. Familias	168
6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	171
6.1. DISCUSIÓN	173
6.2. CONCLUSIONES.....	176

6.3. LIMITACIONES	179
6.4. CONTRIBUCIONES Y LÍNEAS DE FUTURO.....	181
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	187
ANEXOS	203
ANEXO I. CUESTIONARIO PARA ALUMNADO (ANÁLISIS DE NECESIDADES)	205
ANEXO II. CUESTIONARIO PARA PROFESORADO (ANÁLISIS DE NECESIDADES)	207
ANEXO III. CUESTIONARIO PARA FAMILIAS (ANÁLISIS DE NECESIDADES).	210
ANEXO IV. ENTREVISTA PARA DIRECTORES DE CENTROS (ANÁLISIS DE NECESIDADES)	212
ANEXO V. CUESTIONARIO PARA ALUMNADO (EVALUACIÓN).....	214
ANEXO VI. CUESTIONARIO PARA PROFESORADO (EVALUACIÓN)	216
ANEXO VII. CUESTIONARIO PARA FAMILIAS (EVALUACIÓN).....	218
ANEXO VIII. FICHA DESCRIPTIVA DE UNA ACTIVIDAD DE LA PLATAFORMA CREATE-SKILLS	220
ANEXO IX. AUTORIZACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PADRES Y MADRES PARA APLICACIÓN DE CUESTIONARIO AL ALUMNADO.....	225

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Puntuaciones obtenidas en Ciencias y Matemáticas en PISA 2018 y TIMSS 2019</i>	40
Tabla 2 <i>Ejemplo de concreción curricular para el área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural en el primer ciclo de Educación Primaria</i>	43
Tabla 3 <i>Objetivos generales y específicos de la investigación</i>	63
Tabla 4 <i>Fases de la investigación</i>	66
Tabla 5 <i>Alumnado participante y actividades implementadas en la experiencia evaluada</i>	70
Tabla 6 <i>Relación de objetivos, participantes e instrumentos</i>	72
Tabla 7 <i>Tabla empleada para el análisis cualitativo</i>	75
Tabla 8 <i>Porcentaje de empleo de distintas formas de trabajo en asignaturas STEM, según el alumnado</i>	157
Tabla 9 <i>Porcentaje de recursos y espacios empleados en asignaturas STEM, según el alumnado</i>	158
Tabla 10 <i>Porcentaje de satisfacción del alumnado con respecto a su motivación, esfuerzo y participación en asignaturas STEM</i>	158
Tabla 11 <i>Fortalezas y debilidades de la enseñanza de STEM en Primaria, según los directores</i>	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Fases y publicaciones del doctorado</i>	27
Figura 2 <i>Competencias clave para el aprendizaje permanente</i>	39
Figura 3 <i>Resultados de PISA 2018 en Ciencias</i>	41
Figura 4 <i>Resultados de PISA 2018 en Matemáticas</i>	41
Figura 5 <i>Resultados de TIMSS 2019 en Ciencias</i>	41
Figura 6 <i>Resultados de TIMSS 2019 en Matemáticas</i>	41
Figura 7 <i>Tendencia en las puntuaciones medias de ciencias según género</i>	44
Figura 8 <i>Tipos de metodologías activas</i>	47
Figura 9 <i>Clasificación de las tecnologías avanzadas</i>	51
Figura 10 <i>Búsquedas booleanas sobre tecnologías avanzadas en Scopus (periodo 2016-2021)</i>	52
Figura 11 <i>Participantes en la fase de análisis de necesidades</i>	68
Figura 12 <i>Participantes en la fase de evaluación de la experiencia</i>	69
Figura 13 <i>Respuestas del profesorado a la pregunta “¿Trabajas las asignaturas STEM de forma diferente?”</i>	159
Figura 14 <i>Respuestas del profesorado a la pregunta “¿Cuentas con suficientes recursos y espacios para trabajar las STEM?”</i>	160
Figura 15 <i>Respuestas de las familias a la pregunta “¿Es adecuado el nivel de motivación, esfuerzo y rendimiento de tus hijos/as en las STEM?”</i>	162
Figura 16 <i>Acceso a la plataforma CREATE-Skills</i>	164
Figura 17 <i>Respuestas del alumnado a las cuestiones “Estoy satisfecho con la actividad”, “La actividad fue relevante para mí” y “Quiero aprender más sobre este tema”</i>	166
Figura 18 <i>Respuestas de las familias a las cuestiones “Utilizo recursos de Internet para hacer actividades STEM con mi hijo/a” y “He utilizado la plataforma CREATE-Skills”</i>	169
Figura 19 <i>Posibles líneas de futuro</i>	182

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

APB	Aprendizaje Basado en Proyectos
CDD	Competencia digital docente
CEP	Centro de Educación Primaria
CIRC	Clasificación Integrada de Revistas Científicas
CVA	Comunidad Virtual de Aprendizaje
DOI	<i>Digital Object Identifier</i>
ESCI	<i>Emerging Sources Citation Index</i>
EVEA	Entornos Virtuales de Enseñanza y de Aprendizaje
FECYT	Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología
GITE	Grupo de Investigación en Tecnología Educativa de la Universidad de Murcia
IA	Inteligencia Artificial
ICEE	Indicador de Calidad de Editoriales
INEE	Instituto Nacional de Evaluación Educativa
INTEF	Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado
JCI	<i>Journal Citation Indicator</i>
JCR	<i>Journal Citation Report</i>
LMS	<i>Learning Management Systems</i>
LOE	Ley Orgánica de Educación
LOMCE	Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa
LOMLOE	Ley Orgánica por la que se Modifica la Ley Orgánica de Educación
NSF	<i>National Science Foundation</i>

OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OER	<i>Open Educational Resources</i>
PEC	Proyecto Educativo de Centro
PISA	<i>Programme for International Student Assessment</i>
REA	Recursos Educativos Abiertos
RELATEC	Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa
SIITE	Seminario Interuniversitario de Investigación en Tecnología Educativa
SJR	<i>Scimago Journal & Country Rank</i>
SPI	<i>Scholarly Publishers Indicators</i>
SPSS	<i>Statistical Package for the Social Sciences</i>
STEAM	<i>Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics</i>
STEM	<i>Science, Technology, Engineering and Mathematics</i>
TFM	Trabajo Final de Máster
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TIMSS	<i>Trends in International Mathematics and Science Study</i>
TPACK	<i>Technological Pedagogical Content Knowledge</i>
UE	Unión Europea
UIB	Universitat de les Illes Balears
UM	Universidad de Murcia
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>

RESUMEN

Esta tesis doctoral tiene como objetivo conocer la perspectiva de la comunidad educativa con respecto a la enseñanza de las áreas STEM (acrónimo formado por las siglas en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), así como evaluar el empleo de metodologías activas y tecnologías en la enseñanza de estas disciplinas en Educación Primaria.

Esta investigación se enmarca en el proyecto europeo CREATE-Skills, en el que participó el Grupo de Investigación en Tecnología Educativa de la Universidad de Murcia junto con otras instituciones de Portugal, Grecia y Lituania. El proyecto se ha desarrollado en varias fases: análisis documental y detección de necesidades, diseño de una plataforma web de acceso abierto con diversas funcionalidades y la implementación y evaluación de una experiencia de innovación educativa.

Para el análisis de necesidades en la fase inicial se llevó a cabo una investigación exploratoria no experimental mediante una metodología mixta con la aplicación de cuestionarios y entrevistas. Los participantes en esta fase fueron 67 docentes, 141 estudiantes, 40 familias y 7 directores de centros públicos de Educación Primaria de la Región de Murcia (España). De este estudio descriptivo se concluye que la enseñanza de STEM se lleva a cabo con una metodología didáctica tradicional. El profesorado ve como principal impedimento la falta de recursos para llevar a cabo una enseñanza más práctica y motivadora. A pesar de que no se encuentran diferencias notables dependiendo del género del alumnado con respecto a su percepción sobre las STEM, se constata una visión más crítica por parte de las maestras que de los maestros en cuanto a las estrategias metodológicas empleadas para la enseñanza de STEM, a la propia formación para enseñar estas materias de forma eficiente o acerca de la influencia de estos aspectos en la motivación de los estudiantes.

En una segunda fase se diseñó la plataforma CREATE-Skills y un catálogo de Recursos Educativos Abiertos para enseñar STEM con metodologías activas y tecnologías. Esta plataforma web, de acceso abierto, incluye el mencionado catálogo de recursos, una comunidad virtual de profesorado para fomentar el intercambio de experiencias docentes y una galería de experimentos para favorecer la colaboración de las familias del alumnado.

Por último, se evalúa una experiencia de innovación educativa que contó con la participación de 5 maestras, 117 estudiantes y 55 familias del colegio público asociado al proyecto. Tras analizar los datos obtenidos de esta fase de investigación evaluativa,

llegamos a la conclusión de que la intervención influyó positivamente en la motivación, autoeficacia e interés del alumnado con respecto a las materias STEM. La mayoría de los participantes valora de forma muy positiva la experiencia y los REA utilizados, disponibles en la plataforma CREATE-Skills. Se han cumplido los objetivos en lo referido a las metodologías activas empleadas, que han favorecido experiencias vivenciales en contextos auténticos, el trabajo en equipo y la integración de los contenidos trabajados. Así mismo, se subraya la importancia de impulsar la implicación de las familias en los procesos de aprendizaje de STEM.

Finalmente, se identifican varias líneas de investigación en las que convendría centrar la atención en los próximos años, como la brecha de género en STEM, el papel de los equipos directivos como líderes educativos o la formación del profesorado para enseñar STEM, prestando especial interés a la competencia digital docente.

Palabras clave: STEM, educación científica, metodologías activas, tecnologías avanzadas, Educación Primaria.

ABSTRACT

This doctoral thesis aims to analyse the perspective of the educational community regarding the teaching of STEM areas (an acronym for Science, Technology, Engineering and Mathematics), as well as to evaluate the use of active methodologies and technologies in the teaching of these disciplines in Primary Education.

This research is part of the European project CREATE-Skills, in which the Educational Technology Research Group of the University of Murcia participated together with other institutions from Portugal, Greece and Lithuania. The work has been developed in several phases: desk research and needs detection, design of an open-access web platform with various functionalities, and the implementation and evaluation of an educational innovation experience.

For the needs analysis in the initial phase, non-experimental exploratory research was carried out using a mixed methodology with the application of questionnaires and interviews. The participants in this phase were 67 teachers, 141 students, 40 families, and 7 directors of public primary schools in the Region of Murcia, Spain. From this descriptive study, we conclude that a traditional methodology is still used for teaching STEM. Teachers deem the lack of resources to be the major impediment to carry out more practical and motivating teaching approach. Although no significant gender differences are found in terms of the students' perspective on STEM, there is a more critical view on the part of female teachers than male teachers regarding the methodologies used for teaching STEM, their own training to teach these subjects efficiently, or the influence of these aspects on students' motivation.

In a second phase, the CREATE-Skills platform and a kit of Open Educational Resources were designed to teach STEM with active methodologies and technologies. This open-access web platform includes this kit of resources, a virtual community of teachers to encourage the exchange of teaching experiences, and a gallery of experiments to promote collaboration with families.

We evaluate the implementation of an educational innovation experience. The participants of this experience were 5 teachers, 117 students, and 55 families from the public school associated with the project. After analysing the data obtained from this evaluative research, we conclude that the experience had a positive influence on the students' motivation, self-efficacy, and interest in STEM. Most of the participants view the experience and the OER used, available on the CREATE-Skills platform, very positively. The objectives have been

met in terms of the active methodologies used, which have favoured experiential experiences in authentic contexts, teamwork, and the integration of the contents worked on. It is also concluded that there is a need to promote the involvement of families in the STEM learning process.

Finally, several lines of research are identified on which attention should be focused in the coming years, such as the gender gap in STEM, the role of school management teams as educational leaders, or teacher training for teaching STEM, with special attention to digital competence.

Keywords: STEM education, scientific education, active methodologies, advanced technologies, Primary Education.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ORIGEN DE ESTA INVESTIGACIÓN

1.2. JUSTIFICACIÓN

1.3. DATOS DE LAS PUBLICACIONES DE LA TESIS POR COMPENDIO

1.1. ORIGEN DE ESTA INVESTIGACIÓN

Esta tesis doctoral hunde sus raíces en la recta final del *Máster en Tecnología Educativa: e-learning y gestión del conocimiento*, que cursé entre 2016 y 2018 en la Universitat de les Illes Balears. En el segundo año de máster, solicité hacer las prácticas en el GITE de la Universidad de Murcia. Allí conocí a un excelente equipo de investigadores y docentes, entre los que se encuentran mi tutora y directora de tesis, la doctora M.^a Paz Prendes Espinosa (directora del GITE), y el doctor José Luis Serrano Sánchez (que fue mi tutor de prácticas del máster).

En estas prácticas del máster, M.^a Paz Prendes me presentó los proyectos en los que estaba trabajando el grupo de investigación y me propuso dedicar mi Trabajo Fin de Máster a uno de ellos. Entre los muchos proyectos en los que estaba inmerso este activo grupo, me llamó especialmente la atención el proyecto europeo CREATE-Skills, cuya finalidad era diseñar y realizar experiencias de innovación en los centros educativos participantes, con el objetivo de mejorar el desempeño del alumnado en las competencias STEM (siglas en inglés de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas).

Me interesó este proyecto particularmente por tres motivos: era una oportunidad para continuar colaborando con el GITE; el proyecto estaba dirigido a la Educación Primaria, y yo soy maestro; y se centraba en la enseñanza de las ciencias, una de mis grandes pasiones.

Así pues, la doctora Prendes, como investigadora principal del proyecto, me explicó todos los detalles de CREATE-Skills, que en aquellos momentos se encontraba en su fase inicial, y me propuse dedicar mi TFM a este proyecto. Se planteó la propuesta a la doctora Bárbara de Benito, que sería mi directora de TFM en la UIB, y se decidió que comenzara a trabajar en ello, contando con M.^a Paz Prendes como codirectora de TFM desde la Universidad de Murcia.

El TFM recopilaría los resultados del análisis de necesidades sobre la enseñanza de STEM tras los cuestionarios aplicados a docentes, alumnado, familias y directores de centros, para conocer sus perspectivas sobre la enseñanza y el aprendizaje de las disciplinas científicas.

El TFM fue presentado en septiembre de 2018, obteniendo una calificación de sobresaliente. Una vez finalizado este proceso, M.^a Paz Prendes me propuso presentar los resultados de TFM en forma de comunicación para el XXI Congreso EDUTEC, que se

celebró en Lleida a finales de octubre de 2018. Además, me animó a continuar colaborando con el GITE en el proyecto como doctorando. Este reto me sedujo inmensamente y me matriculé en mi primer curso del Programa de Doctorado en Tecnología Educativa de la Universidad de Murcia.

En 2019 presenté mi proyecto de investigación para la tesis doctoral en el Seminario Interuniversitario de Investigación en Tecnología Educativa (SiiTE), celebrado en Ibiza. La comunicación presentada al Congreso EDUTEC desembocó en el que sería mi primer artículo científico, “Metodologías y tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades”, publicado en la revista PIXEL-BIT en 2020, en coautoría con M.^a Paz Prendes. Llegados a este punto, la doctora Prendes me propuso que la tesis doctoral se realizara en la modalidad de compendio de publicaciones, lo cual tenía todo el sentido, ya que el objetivo era ir publicando los resultados de las distintas fases del proyecto.

De hecho, ya trabajábamos en un segundo artículo, centrado también en el análisis de necesidades de CREATE-Skills, pero poniendo el foco en la perspectiva de género con respecto a las áreas STEM. En este momento se incorpora el doctor José Luis Serrano como codirector de la tesis doctoral, ya que empieza a trabajar con nosotros en esta línea de trabajo, y participa como coautor, junto a Prendes y yo, del segundo artículo: “La enseñanza de STEM en Educación Primaria desde una perspectiva de género”, publicado en la Revista Fuentes en el año 2021.

Al tiempo que se iban publicando resultados de la detección de necesidades, el proyecto avanzaba, había concluido la segunda fase (dedicada al diseño de Recursos Educativos Abiertos para la enseñanza de STEM en Primaria y a la creación de la plataforma CREATE-Skills), y se implementó la experiencia de innovación en el colegio público asociado al proyecto. Llegaba el momento de evaluar esta intervención educativa y de publicar los resultados tras analizar los datos arrojados por los cuestionarios aplicados al profesorado y alumnado participante, así como también a las familias de los escolares.

En este punto, se amplía la línea de investigación y comenzamos a abordar tecnologías avanzadas para la enseñanza de STEM, como la robótica educativa, la realidad aumentada o la Inteligencia Artificial. Con este propósito, se incorpora a la investigación Pedro Antonio García Tudela, también doctorando y colaborador del GITE, que es coautor, junto a Prendes y yo, del tercer artículo de esta tesis doctoral por compendio de publicaciones. El artículo se publica en 2021 en la Revista Iberoamericana de Educación bajo el título “Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica”. En este artículo, además de analizar el empleo de tecnologías emergentes para la enseñanza científica, se describen

las utilidades de la plataforma CREATE-Skills y se resumen los principales resultados obtenidos de la experiencia implementada.

También en 2021, la editorial Pirámide publica el libro “Tecnologías y pedagogía para la enseñanza de STEM”, cuyo primer capítulo (“La enseñanza de STEM: el Proyecto CREATE-Skills”), escrito por M.^a Paz Prendes y yo, resume el proyecto y describe la plataforma.

La plataforma CREATE-Skills incluye actividades y REA diseñados por los investigadores y docentes participantes en el proyecto. Estos recursos, que se fundamentan en el empleo de metodologías activas, fueron llevados a la práctica por los docentes de Primaria que participaron en la experiencia implementada. En ello se centra el cuarto y último artículo que forma parte de la tesis, publicado en 2023 en la revista RELATEC (Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa), con el título “Recursos Educativos Abiertos y metodologías activas para la enseñanza de STEM en Educación Primaria”. Esta publicación, cuya autoría comparto con mis dos directores de tesis, recoge los resultados de la fase evaluativa de la investigación.

A continuación, en la Figura 1, se sitúan los diferentes hitos y publicaciones del doctorado, asociados a las distintas fases de la investigación.

Figura 1

Fases y publicaciones del doctorado

FASE PREVIA	FASE 1	FASE 2	FASES 3 y 4	FASE FINAL
<ul style="list-style-type: none"> • Inicio de colaboración con GITE • Trabajo Fin de Máster • EDUTECH 2018 	<ul style="list-style-type: none"> • SiiTE 2019: proyecto de investigación • Análisis documental 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de necesidades • Artículo 1 (2020) • Artículo 2 (2021) • Capítulo de libro 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación de la experiencia • Artículo 3 (2021) • SiiTE 2022: compartiendo experiencias • Artículo 4 (2023) 	<ul style="list-style-type: none"> • Redacción del informe de tesis doctoral. • Preparación de la presentación. • Defensa de la tesis.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Tal y como se ha relatado en el apartado anterior, esta tesis doctoral se encuadra en el proyecto CREATE-Skills, cuyo centro de interés es la enseñanza de STEM en Educación Primaria.

Como se verá en el capítulo dedicado al marco teórico, las competencias STEM son cada vez más valoradas y demandadas por la sociedad, las instituciones y en todo tipo de profesiones. Sin embargo, la puntuación de los estudiantes españoles en las áreas de Ciencias y Matemáticas están por debajo de la media de la UE y de la OCDE, según los últimos informes de PISA y TIMSS.

Por otro lado, en el capítulo de resumen de resultados, veremos que los datos obtenidos en la primera fase de esta investigación, dedicada al análisis de perspectivas de la comunidad educativa, denotan que las metodologías tradicionales asentadas en las aulas no potencian el componente experimental de las áreas científicas y no motivan al alumnado. Además, los agentes implicados refieren un déficit en el empleo de recursos tecnológicos y de espacios específicos para impulsar ese carácter práctico de las STEM.

Los resultados hallados tras este análisis, de notable relevancia, justificaron la publicación del estudio descriptivo correspondiente en artículos científicos. Además, no hicieron más que sumar razones para la implementación de la experiencia de innovación en la siguiente fase del proyecto. En el diseño de la intervención educativa se tuvieron en cuenta tanto el análisis documental realizado previamente como los resultados del análisis de necesidades. Tras llevar a cabo la experiencia, los participantes la evaluaron de forma muy positiva, destacando la adecuación de las actividades realizadas, las estrategias innovadoras y los recursos empleados, así como la satisfacción del profesorado y la motivación del alumnado.

Una vez más, como ya ocurrió tras el análisis previo, los resultados obtenidos en esta fase empírica tenían valor por sí mismos para ser publicados y compartidos con la comunidad investigadora y docente. Así pues, son variadas y relevantes las razones que justifican la difusión de la investigación: la importancia de las STEM para la sociedad del siglo XXI, el estado de la enseñanza y el aprendizaje de estas áreas en la etapa de Primaria en España, y los resultados obtenidos en las fases del proyecto CREATE-Skills, con el que se pretenden impulsar las metodologías activas y un uso adecuado de las tecnologías avanzadas para mejorar la enseñanza de STEM. Estos resultados y conclusiones se recogen en un total de cuatro artículos científicos, que suponen el eje vertebrador de esta tesis doctoral en la modalidad de compendio de publicaciones.

1.3. DATOS DE LAS PUBLICACIONES DE LA TESIS POR COMPENDIO

ARTÍCULO I



- **Título:** Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades.
- **Revista:** PIXEL-BIT. Revista de Medios y Educación.
- **Autores:** Javier Arabit García y M.^a Paz Prendes Espinosa.
- **Cómo citar:** Arabit-García J. y Prendes-Espinosa, M. P. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 57(1), 107-128. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>

- **Resumen:**

“Los resultados de los informes de evaluación internacionales más reconocidos revelan que las puntuaciones obtenidas por los estudiantes españoles en las áreas de STEM en Educación Primaria se encuentran por debajo de la media de la UE y la OCDE. Es importante, por tanto, conocer las perspectivas y necesidades del profesorado y del alumnado y para ello hemos realizado este estudio vinculado al proyecto europeo CREATE-Skills. Ha sido llevado a cabo en centros de Primaria de la Región de Murcia mediante una técnica de encuesta aplicada a ambos colectivos, profesorado y estudiantes. El cuestionario recogía preguntas sobre motivación, recursos y espacios con los que cuentan, estrategias metodológicas y el uso que se hace de las nuevas tecnologías. Entre sus principales resultados, encontramos que los maestros reconocen falta de recursos y de formación para mejorar la enseñanza de STEM, mientras que los alumnos manifiestan que les gustaría realizar más experimentos y usar nuevas tecnologías. Se concluye que para mejorar la enseñanza en STEM es necesario implementar metodologías activas, desarrollar más actividades prácticas y experimentales y también la mejora de la competencia digital docente”. (Arabit y Prendes, 2020, p. 107)

- **Indexación:**

- SJR Q2 (Educación) en 2020.
- FECYT puesto 31 en 2020, C2, puntuación 33.59 (puesto 16 en 2021 con 35.68 puntos).
- CIRC-B.
- LATINDEX catálogo V2.0: 33 características cumplidas.

ARTÍCULO II



- **Título:** La enseñanza de STEM en Educación Primaria desde una perspectiva de género.
- **Revista:** Revista Fuentes.
- **Autores:** Javier Arabit García, M.ª Paz Prendes Espinosa y José Luis Serrano Sánchez.
- **Cómo citar:** Arabit-García, J., Prendes-Espinosa, M. P. y Serrano-Sánchez, J. L. (2021). La enseñanza de STEM en Educación Primaria desde una perspectiva de género. *Revista Fuentes*, 23(1), 64–76. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2021.v23.i1.12266>

▪ **Resumen:**

“Este estudio tiene como principal objetivo determinar las necesidades que 141 estudiantes y 67 docentes de siete centros de Educación Primaria tienen en relación con la enseñanza de STEM y detectar posibles diferencias y similitudes en función del género. Este objetivo forma parte del proyecto europeo CREATE-Skills. Desde un diseño de investigación no experimental de tipo exploratorio, se han utilizado dos cuestionarios validados a través de un doble procedimiento (juicio de expertos y estudio piloto). Los resultados indican que los docentes reclaman más medios y formación para enseñar STEM, mientras que el alumnado desea emplear recursos digitales y realizar experimentos. En relación con las diferencias de género, se deduce una visión sobre la enseñanza de STEM más crítica en las maestras que en los maestros, pero no existen diferencias significativas según el género entre el alumnado”. (Arabit, Prendes y Serrano, 2021, p. 64)

▪ **Indexación:**

- SJR Q3 (Educación). Sube a Q2 en 2023.
- JCR-ESCI, con JCI de 0,27, Q4.
- FECYT Q4 (puesto 59, 21.59 puntos).
- CIRC-B.
- LATINDEX catálogo V2.0: 38 características cumplidas.

ARTÍCULO III

Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica

Javier Arabit-García 
 Pedro Antonio García-Tudela 
 Paz Prendes-Espinosa 
 Universidad de Murcia (UM), España

Resumen. La innovación educativa en el ámbito de la enseñanza científica ha demostrado en los últimos años la importancia de integrar tecnologías digitales. Para integrar estas tecnologías es necesario tener en cuenta el contexto y contar con profesorado formado en competencias digitales docentes. El objetivo de este artículo es analizar experiencias que puedan ser consideradas como buenas prácticas educativas apoyadas en tecnologías avanzadas en el ámbito de la educación científica y en todos los niveles educativos reglados. Se han utilizado criterios de selección que garanticen que son experiencias reales, que integran tecnologías y que presentan datos de evaluación. Como categorías de clasificación, se han considerado el nivel educativo (infantil, primaria, secundaria y universidad) y el tipo de tecnología utilizada (robótica, realidad extendida, plataformas/apps, videojuegos e inteligencia artificial), destacando el análisis del proyecto CREATE-Skills. Se basa en la creación de una plataforma colaborativa para promover la cooperación entre profesorado y familias con el fin de implementar una enseñanza activa de disciplinas científicas en primaria. La principal conclusión es la evidencia de la utilidad y los buenos resultados del uso de tecnologías en el ámbito de la enseñanza STEM y en todas las etapas del sistema educativo.

Palabras clave: tecnología avanzada; tecnología educacional; enseñanza de las ciencias; STEM; educación formal.

Use of advanced technologies for science education

Abstract. Educational innovation in the field of science education has demonstrated in recent years the importance of integrating digital technologies. To integrate these technologies, it is necessary to take into account the context and to have teachers trained in teaching digital skills. The aim of this article is to analyze experiences that can be considered as good educational practices supported by advanced technologies in the field of science education and at all levels of formal education. Some selection criteria have been used to guarantee that they are real experiences with digital technologies and that they present evaluation data. The educational level (infant, primary, secondary and university) and the type of technology used (robotics, extended reality, platforms/apps, video games and artificial intelligence) have been chosen as classification categories, highlighting the analysis of the CREATE-Skills project. It is based on the creation of a collaborative platform to promote cooperation between teachers and families in order to implement active teaching of scientific disciplines in primary school. The main conclusion is the evidence of the usefulness and good results of the use of technologies in the field of STEM education and at all stages and levels of the educational system.

Keywords: high technology; educational technology; science education; STEM; formal education.

Revista Iberoamericana de Educación (2021), vol. 87, núm. 1, pp. 173-194 - DOI: <https://doi.org/10.35362/rie8714591>

- **Título:** Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica.
- **Revista:** Revista Iberoamericana de Educación.
- **Autores:** Javier Arabit García, Pedro Antonio García Tudela y M.^a Paz Prendes Espinosa.
- **Cómo citar:** Arabit-García, J., García-Tudela, P. A. y Prendes-Espinosa, M. P. (2021). Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica. *Revista Iberoamericana De Educación*, 87(1), 173-194. <https://doi.org/10.35362/rie8714591>

▪ Resumen:

“La innovación educativa en el ámbito de la enseñanza científica ha demostrado en los últimos años la importancia de integrar tecnologías digitales. Para integrar estas tecnologías es necesario tener en cuenta el contexto y contar con profesorado formado en competencias digitales docentes. El objetivo de este artículo es analizar experiencias que puedan ser consideradas como buenas prácticas educativas apoyadas en tecnologías avanzadas en el ámbito de la educación científica y en todos los niveles educativos reglados. Se han utilizado criterios de selección que garanticen que son experiencias reales, que integran tecnologías y que presentan datos de evaluación. Como categorías de clasificación, se han considerado el nivel educativo (infantil, primaria, secundaria y universidad) y el tipo de tecnología utilizada (robótica, realidad extendida, plataformas/apps, videojuegos e inteligencia artificial), destacando el análisis del proyecto CREATE-Skills. Se basa en la creación de una plataforma colaborativa para promover la cooperación entre profesorado y familias con el fin de implementar una enseñanza activa de disciplinas científicas en primaria. La principal conclusión es la evidencia de la utilidad y los buenos resultados del uso de tecnologías en el ámbito de la enseñanza STEM y en todas las etapas del sistema educativo”. (Arabit, García-Tudela y Prendes, 2021, p. 173)

▪ Indexación:

- JCR-ESCI, con JCI de 0,18, Q4.
- FECYT Q2 (puesto 36, 27.98 puntos).
- CIRC-B.
- LATINDEX catálogo V2.0: 34 características cumplidas.

ARTÍCULO IV

Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa 22(1)
 https://doi.org/10.17398/1695-288X.22.1.89



Recibido: 15 mayo 2022
 Revisado: 26 octubre 2022
 Aceptado: 10 noviembre 2022

Dirección autor: Departamento de Didáctica y Organización Escolar, Facultad de Educación, Universidad de Murcia, Campus de Espinardo, 30100 Murcia (España).
 E-mail / ORCID: javier.arabit@um.es
 https://orcid.org/0000-0001-5420-8029
 pa.prendes@um.es
 https://orcid.org/0000-0001-8225-5983
 jserrano@um.es
 https://orcid.org/0000-0003-2329-9598

ARTÍCULO / ARTICLE

Recursos Educativos Abiertos y metodologías activas para la enseñanza de STEM en Educación Primaria

Open Educational Resources and active methodologies for STEM teaching in Primary Education

Javier Arabit-García, María Paz Prendes-Espinosa y José Luis Serrano

Resumen: Esta investigación se enmarca en el proyecto europeo CREATE-Skills, centrado en la enseñanza de STEM en educación primaria. El objetivo de este artículo es presentar los principales resultados de la investigación evaluativa, de método cuantitativo y diseño de caso único, donde han participado 5 docentes, 117 alumnos y 55 familiares de alumnos de un colegio público. Los participantes respondieron a cuestionarios diseñados ad hoc tras la implementación de una experiencia de innovación educativa en la que se utilizaron metodologías activas, Recursos Educativos Abiertos y una plataforma de acceso abierto para la enseñanza de STEM. Tras la evaluación de la experiencia, se extrae una valoración muy positiva por parte del profesorado y el alumnado, ya que la inmensa mayoría destaca la calidad, la originalidad, la creatividad, la variedad de la relevancia de los recursos utilizados, así como los resultados de aprendizaje promovidos con los métodos activos. La mayoría de los familiares participantes coincidieron en que la enseñanza de STEM promueve la capacidad de resolución de problemas en la vida real y mejora la motivación del alumnado, en línea con los resultados de investigaciones anteriores. Aunque más de la mitad utilizaba recursos de Internet para trabajar las STEM en casa con sus hijos, solo una minoría había utilizado la plataforma CREATE-Skills.

Palabras clave: Recursos educativos abiertos, educación científica, educación primaria, Formación del profesorado, innovación educativa.

Abstract: This research is part of the CREATE-Skills European project, focused on STEM teaching in primary education. The aim of this article is to present the main results of an evaluative research, developed with a quantitative method and a single case design, in which 5 teachers, 117 students and 55 parents of students from a public school have participated. The participants answered questionnaires designed ad hoc after the implementation of an educational innovation experience in which active methodologies, Open Educational Resources and an open access platform for teaching STEM were used. After the evaluation of the experience, a very positive assessment was made by the teachers and students involved, as the vast majority highlighted the quality, originality, creativity, variety and relevance of the open resources used, as well as the learning outcomes promoted with the active methods. Most of the parents agreed that STEM teaching promotes real-life problem-solving skills and improves student motivation, according to previous researches. Although more than half used online resources to work on STEM at home with their children, only a minority used the CREATE-Skills platform.

Keywords: Open educational resources, STEM education, Primary education, Teacher training, Educational innovation.

RELATEC Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa

Las obras se publican en RELATEC bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial/ShareAlike/Revisión de Versión 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND)



- **Título:** Recursos Educativos Abiertos y metodologías activas para la enseñanza de STEM en Educación Primaria.
- **Revista:** RELATEC (Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa).
- **Autores:** Javier Arabit García, M.^a Paz Prendes Espinosa y José Luis Serrano Sánchez.
- **Cómo citar:** Arabit-García, J., Prendes-Espinosa, M. y Serrano-Sánchez, J. L. (2023). Recursos Educativos Abiertos y metodologías activas para la enseñanza de STEM en Educación Primaria. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC*, 22(1), 89-106. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.22.1.89>

▪ **Resumen:**

“Esta investigación se enmarca en el proyecto europeo CREATE-Skills, centrado en la enseñanza de STEM en educación primaria. El objetivo de este artículo es presentar los principales resultados de la investigación evaluativa, de método cuantitativo y diseño de caso único, donde han participado 5 docentes, 117 estudiantes y 55 familiares del alumnado de un colegio público. Los participantes respondieron a cuestionarios diseñados ad hoc tras la implementación de una experiencia de innovación educativa en la que se utilizaron metodologías activas, Recursos Educativos Abiertos y una plataforma de acceso abierto para la enseñanza de STEM. Tras la evaluación de la experiencia, se extrae una valoración muy positiva por parte del profesorado y el alumnado, ya que la inmensa mayoría destaca la calidad, la originalidad, la creatividad, la variedad y la relevancia de los recursos utilizados, así como los resultados de aprendizaje promovidos con los métodos activos. La mayoría de los familiares participantes coincidieron en que la enseñanza de STEM promueve la capacidad de resolución de problemas en la vida real y mejora la motivación del alumnado, en línea con los resultados de investigaciones anteriores. Aunque más de la mitad utilizaba recursos de Internet para trabajar las STEM en casa con sus hijos, solo una minoría había utilizado la plataforma CREATE-Skills”. (Arabit, Prendes y Serrano, 2023, p. 89)

▪ **Indexación:**

- JCR-ESCI, con JCI de 0,31, Q3.
- FECYT Q3 (puesto 51, 24.02 puntos).
- CIRC-B.
- LATINDEX catálogo V2.0: 34 características cumplidas.

OTRA PUBLICACIÓN VINCULADA CON LA TESIS: CAPÍTULO DE LIBRO



<https://www.edicionespiramide.es/libro.php?id=6849091>

- **Título:** Tecnologías y pedagogía para la enseñanza STEM
- **Coordinadoras:** María Paz Prendes Espinosa, Isabel María Solano Fernández y María del Mar Sánchez Vera.
- **Autores del Capítulo 1:** M.^a Paz Prendes Espinosa y Javier Arabit García.
- **Título del Capítulo 1:** La enseñanza de STEM: el Proyecto CREATE-Skills.
- **Cita del Capítulo 1:** Prendes-Espinosa, M. P. y Arabit-García, J. (2021). La enseñanza de STEM: el Proyecto CREATE-Skills. En M. P. Prendes, I. M. Solano y M. M. Sánchez (Coords.), *Tecnologías y pedagogía para la enseñanza STEM* (pp. 25–39). Pirámide.

Este capítulo de libro está dedicado al proyecto CREATE-Skills: resume la detección de necesidades sobre la enseñanza de STEM, recoge propuestas para promover buenas prácticas de educación científica y describe la plataforma digital diseñada en el marco del proyecto. Esta publicación no se incluye en el compendio para ajustarnos al reglamento previsto, si bien cabe mencionarlo por su vinculación directa con la tesis doctoral.

▪ Indexación de Ediciones Pirámide:

- SPI (2022) puesto 5 en el catálogo general de editoriales españolas (ICEE, 82) y puesto 5 en el catálogo de editoriales en Educación (ICEE 530).

PARTICIPACIÓN EN CONGRESOS Y SEMINARIOS

- **XXI Congreso Internacional EDUTEC (Lleida, 2018).** Presentación de Comunicación: *“Estudio descriptivo sobre la enseñanza de STEM en Educación Primaria en la Región de Murcia”*.
- **VI Seminario Interuniversitario de Investigación en Tecnología Educativa SiITE (Ibiza, 2019).** Presentación del proyecto de investigación doctoral: *“Enseñanza de STEM en Educación Primaria mediante el uso de tecnologías y metodologías activas”*.
- **IX Seminario Interuniversitario de Investigación en Tecnología Educativa SiITE (Murcia, 2022).** Ponente invitado en mesa redonda: *“Compartiendo experiencias entre doctorandos del programa de Doctorado en Tecnología Educativa”*.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. LAS STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA

2.1.1. El término STEM

2.1.2. Las competencias STEM en Educación Primaria

2.1.3. STEM y perspectiva de género

2.2. METODOLOGÍAS ACTIVAS PARA LA ENSEÑANZA DE STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA

2.2.1. Las metodologías activas

2.2.2. Enseñanza de STEM con metodologías activas en Primaria

2.3. TECNOLOGÍAS, PLATAFORMAS Y REA PARA LA ENSEÑANZA DE STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA

2.3.1. Tecnologías avanzadas

2.3.2. Plataformas

2.3.3. Recursos Educativos Abiertos

2.4. CONCLUSIONES DEL MARCO TEÓRICO

2.1. LAS STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA

2.1.1. El término STEM

El acrónimo STEM fue creado por la *National Science Foundation* (NSF) de Estados Unidos en los años 90. El término está formado por las siglas de *science* (ciencia), *technology* (tecnología), *engineering* (ingeniería) y *mathematics* (matemáticas).

En un primer momento emplearon el acrónimo SMET (mismas siglas en distinto orden), pero su similitud fonética con la palabra *smut* (obscenidad, inmundicia u hollín), hizo que se quedara en STEM, tal y como sigue utilizándose en la actualidad.

A lo largo de todos los años, desde su surgimiento, la conceptualización del término no ha estado exenta de debate. Bybee (2013) argumenta que el uso de STEM no es del todo claro ya que, si bien hace referencia a cuatro áreas, a menudo se emplea poniendo el acento en solo una o dos de ellas, sin una integración interdisciplinar real de todas. Por ejemplo, Shaughnessy (2013), cuando define la enseñanza de STEM, pone el foco en la resolución de problemas de las matemáticas y la ciencia, reservando la mención de la ingeniería y la tecnología para los aspectos metodológicos y los recursos empleados.

Por su parte, Williams (2011) señala que es un término confuso porque existe una relación diferente entre las disciplinas (por ejemplo, la ingeniería no se relaciona de la misma forma con la tecnología que con las ciencias). Por ello, defiende el uso de STM como más adecuado, dado que considera la ingeniería como una rama de la tecnología.

Sanders (2009) dice que el énfasis que se ponga en una u otra disciplina STEM depende del individuo que lo emplee: un educador técnico se apropiará de la *E* de ingeniería, mientras que un docente de tecnología pondrá el foco en la tecnología y la ingeniería. Además, añade el autor, se da la situación de que, a menudo, se hace un uso distorsionado del significado de tecnología, confundiéndolo con informática.

Por otro lado, hay una creciente corriente de investigadores y profesionales de la educación que habla de STEAM, incluyendo la *A* de las artes en el acrónimo. English (2017) asegura que esta nueva nomenclatura está ganando peso con la finalidad de promover el acceso a las disciplinas científicas a través de las artes, favoreciendo de esta forma nuevos contextos y contenidos que permiten alcanzar y despertar intereses más variados.

En este sentido, García-Fuentes et al. (2023) realizan una revisión de la literatura donde encuentran soporte para afirmar que el enfoque STEAM es eficaz para mejorar la

creatividad y la motivación del alumnado en el aprendizaje de esos contenidos científicos. Sin embargo, esta perspectiva también encuentra detractores, como García-Carmona (2020), que realiza un ensayo crítico donde cuestiona el uso del término STEAM por diversas razones, como una conceptualización no adecuada, la confusión en cuanto a la integración de las disciplinas que conforman el acrónimo o la deficiente fundamentación de un marco didáctico para la enseñanza de STEAM.

Llegados a este punto, conviene destacar que numerosos autores defienden el uso del concepto, más específico, de *STEM education* frente a STEM (Bybee, 2013; English, 2017; Shaughnessy, 2013; Sanders, 2009; Xie et al., 2015), ya que al referirnos a STEM aludimos a la materia de estudio y ocupación de los profesionales de estas cuatro áreas (científicos, tecnólogos, ingenieros y matemáticos), pero no necesariamente ligada al campo educativo.

La educación STEM, según Kennedy y Odell (2023), se ha convertido en una metadisciplina que derriba las tradicionales barreras entre la ciencia, la tecnología, la ingeniería y las matemáticas en la enseñanza. Según González y Kuenzi (2012), la fórmula *STEM education* es empleada a escala internacional en todos los niveles educativos, desde la enseñanza infantil y primaria hasta la educación superior y universitaria, tanto en contextos de enseñanza formal como informal.

No en vano, esta nomenclatura más concreta, la de *STEM education*, puede ayudar a mitigar otra traba que existe en torno al término STEM en el campo de la investigación: la confusión con las investigaciones sobre *stem cells* (células madre), que es una realidad ampliamente consolidada y extendida no solo en la comunidad científica sino también en la sociedad. En este sentido, Keefe (2010) asegura que la mayoría de investigadores y profesionales relacionan el término *stem* con la investigación sobre células madre.

De nuevo, según Bybee (2010), la comunidad educativa e investigadora abrazó “un eslogan sin tomarse el tiempo necesario para aclarar lo que el término podría significar cuando se aplica más allá de una etiqueta general” (p. 30). No obstante, a pesar de la ambigüedad del término y de otras consideraciones anteriormente señaladas, dado que ya está ampliamente presente en la investigación educativa, el autor defiende que se continúe empleando el término STEM (en concreto, *STEM education*), haciendo un uso constructivo del mismo, profundizando en su significado y desarrollando su propósito.

2.1.2. Las competencias STEM en Educación Primaria

Las competencias STEM reciben una atención a nivel global que va en aumento (English, 2017). La autora destaca que estas competencias son cada vez más demandadas en todo

tipo de profesiones, por lo que los países y gobiernos ponen el foco en el desarrollo de estas destrezas en la ciudadanía para impulsar la innovación, el desarrollo y crecimiento económico y la productividad.

En esta línea, Kennedy y Odell (2023) aseguran que tanto los centros educativos como las instituciones y las empresas reconocen los fuertes vínculos entre la prosperidad económica y las competencias STEM. Según los autores, la enseñanza de STEM “brinda a los estudiantes el conocimiento y las habilidades que necesitan para tener éxito en el siglo XXI” (Kennedy y Odell, 2023, p. 37). Por su parte, Bybee (2013) apunta que la educación STEM debe traducirse en políticas y programas educativos.

En la Recomendación del Consejo de la Unión Europea relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente, publicada en 2018, se incluyen la “competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería” y la “competencia digital” como competencias clave que precisan los ciudadanos para su realización y desarrollo personal (Figura 2).

Figura 2

Competencias clave para el aprendizaje permanente



Fuente: elaboración propia con datos de la Recomendación del Consejo de la Unión Europea (2018).

En España, la Orden ECD/65/2015 indica que la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología favorecen aspectos esenciales y fundamentales para la vida de las personas, mientras que la competencia digital implica un uso seguro, crítico y creativo de las TIC.

Sin embargo, a pesar de la importancia otorgada a las competencias STEM por parte de los diferentes agentes educativos e institucionales, las pruebas de evaluación internacionales más reconocidas muestran una realidad preocupante acerca del aprendizaje de las ciencias y las matemáticas por parte de los estudiantes españoles (Arabit y Prendes, 2020).

Tanto en el último informe PISA 2018 (INEE, 2019) como en el Estudio de las Tendencias en Matemáticas y Ciencias, TIMSS 2019 (INEE, 2020), la puntuación de los estudiantes españoles en Matemáticas y en Ciencias es inferior a la media de la UE y la OCDE (Tabla 1 y Figuras 3, 4, 5 y 6). Además, el alumnado de la Región de Murcia (comunidad autónoma donde se han llevado a cabo la detección de necesidades y la implementación y evaluación de la experiencia de innovación educativa) se sitúa por debajo de la media de los estudiantes españoles en el informe PISA.

Tabla 1

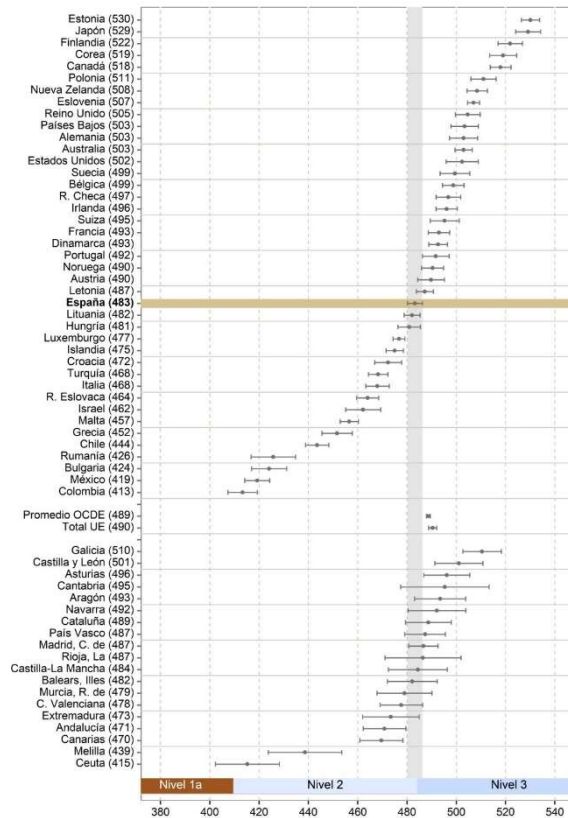
Puntuaciones obtenidas en Ciencias y Matemáticas en PISA 2018 y TIMSS 2019

	Ciencias PISA 2018	Matemáticas PISA 2018	Ciencias TIMSS 2019	Matemáticas TIMSS 2019
Puntuación media de la OCDE	489	489	526	527
Puntuación media de la UE	490	494	514	513
Puntuación España	483	481	511	502
Puntuación Región de Murcia	479	474		

Fuente: elaboración propia con datos de INEE (2019, 2020).

Figura 3

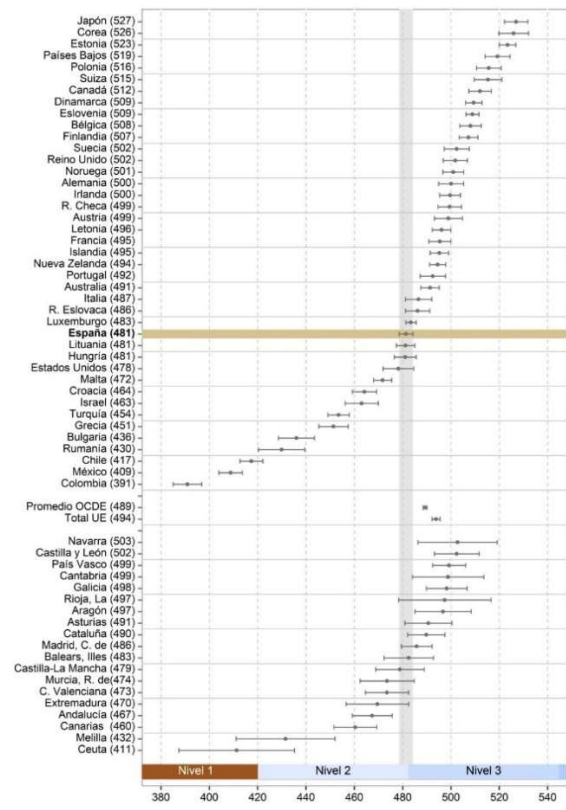
Resultados de PISA 2018 en Ciencias



Fuente: INEE (2019).

Figura 4

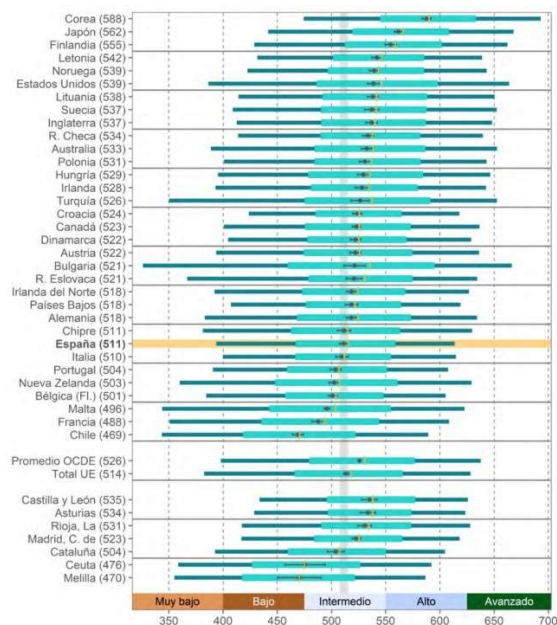
Resultados de PISA 2018 en Matemáticas



Fuente: INEE (2019).

Figura 5

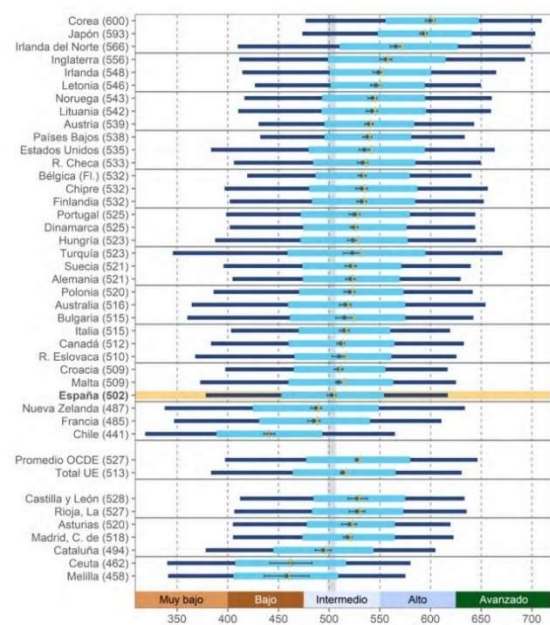
Resultados de TIMSS 2019 en Ciencias



Fuente: INEE (2020).

Figura 6

Resultados de TIMSS 2019 en Matemáticas



Fuente: INEE (2020).

Con respecto al marco legislativo de las materias STEM en el currículo educativo español, cabe destacar que, desde que se impulsó a nivel europeo el enfoque competencial de la enseñanza, en España se han aplicado tres leyes educativas en las aulas: LOE (2006), LOMCE (2013) y LOMLOE (2020).

La Ley Orgánica 8/2013 para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE) supuso una modificación de la Ley Orgánica 2/2006 de Educación (LOE). La Ley Orgánica 3/2020 por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006 (LOMLOE) deroga la LOMCE e introduce modificaciones a la anterior LOE. Centrándonos, pues, en la ley vigente en el momento de redactar el informe de tesis (LOMLOE), en lo referente a la Educación Primaria, los contenidos STEM están presentes en dos asignaturas, Matemáticas y Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural, si bien el área de Conocimiento del Medio se puede dividir en dos materias (Ciencias de la Naturaleza y Ciencias Sociales) dependiendo de la concreción curricular de cada Comunidad Autónoma.

Aunque los contenidos STEM se concentran en las mencionadas asignaturas, en virtud del enfoque transversal y global que la legislación educativa presente prevé, la competencia digital y el espíritu científico deben trabajarse en todas las áreas de conocimiento de manera transversal.

El Real Decreto 157/2022, que establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria, señala que la competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (es decir, la competencia STEM) supone “la comprensión del mundo utilizando los métodos científicos, el pensamiento y representación matemáticos, la tecnología y los métodos de la ingeniería para transformar el entorno de forma comprometida, responsable y sostenible” (p. 21).

Este citado Real Decreto establece la concreción de los elementos curriculares de las asignaturas. Los denominados saberes básicos (contenidos) se relacionan con unos criterios de evaluación que se distribuyen en torno a competencias específicas. La enseñanza de estos saberes básicos se desarrolla mediante situaciones de aprendizaje diseñadas por los docentes. En la Tabla 2 vemos, como ejemplo, un bloque de saberes básicos del área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural para el primer ciclo (1.º y 2.º) de Educación Primaria, junto a los criterios de evaluación que podrían asociárseles para ser evaluados.

Tabla 2

Ejemplo de concreción curricular para el área de Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural en el primer ciclo de Educación Primaria

Saberes básicos	Competencia específica y criterios de evaluación
<i>B. Tecnología y digitalización</i>	<i>Competencia específica 3</i>
2. Proyectos de diseño y pensamiento computacional	Resolver problemas a través de proyectos de diseño y de la aplicación del pensamiento computacional, para generar cooperativamente un producto creativo e innovador que responda a necesidades concretas.
– Fases de los proyectos de diseño: prototipado, prueba y comunicación.	
– Materiales adecuados a la consecución de un proyecto de diseño.	<i>Criterios de evaluación</i>
– Iniciación en la programación a través de recursos analógicos o digitales adaptados al nivel lector del alumnado (actividades desenchufadas, plataformas digitales de iniciación en la programación, robótica educativa...).	3.1. Realizar, de forma guiada, un producto final sencillo que dé solución a un problema de diseño, probando en equipo diferentes prototipos y utilizando de forma segura los materiales adecuados.
– Estrategias básicas de trabajo en equipo.	3.2. Presentar de forma oral o gráfica el producto final de los proyectos de diseño, explicando los pasos seguidos con ayuda de un guion.
	3.3. Mostrar interés por el pensamiento computacional, participando en la resolución guiada de problemas sencillos de programación.

Fuente: elaboración propia con datos del Real Decreto 157/2022.

2.1.3. STEM y perspectiva de género

En el anterior apartado se aludía a la atención creciente que han recibido las competencias STEM en las instituciones gubernamentales, políticas, empresariales y educativas. Esta realidad ha ido de la mano de una proliferación de investigaciones sobre la enseñanza de STEM (Arabit y Prendes, 2020). Entre los aspectos abordados en estos estudios, hay un tema que aparece de forma recurrente: la perspectiva de género en la educación STEM, con especial atención a la brecha de género entre hombres y mujeres a nivel académico y profesional (UNESCO, 2019).

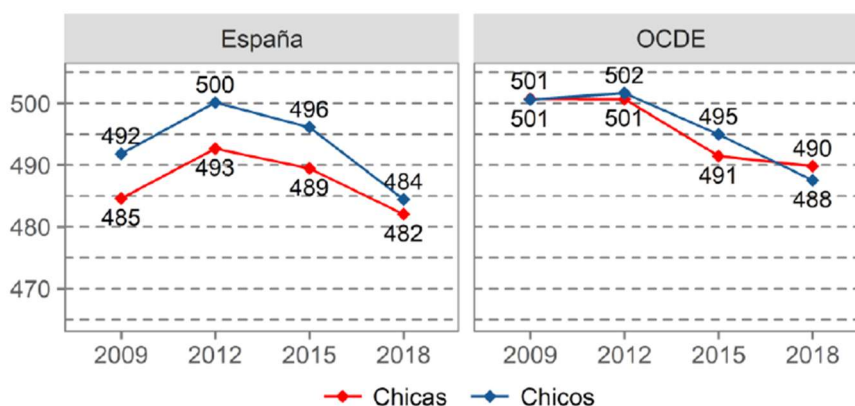
Göktepe y Şükrü (2015) señalan que los temas que suscitan mayor interés en las investigaciones sobre la enseñanza STEM son los relativos a las metodologías empleadas y a las posibles diferencias entre alumnos y alumnas en su desempeño académico en las áreas STEM, así como en sus expectativas y preferencias profesionales en ocupaciones

relacionadas con estas disciplinas científicas (Pasha-Zaidi y Afari, 2015; Sassler et al., 2017).

Con respecto al aspecto académico, el informe español de PISA 2018 (INEE, 2019) recoge las tendencias en las puntuaciones medias obtenidas en ciencias por chicos y chicas (Figura 7), donde se comprueba que, si bien las chicas obtienen resultados ligeramente inferiores, la diferencia no es muy significativa en España.

Figura 7

Tendencia en las puntuaciones medias de ciencias según género



Fuente: Informe PISA 2018 (INEE, 2019).

Cheryan et al. (2016) constatan una brecha de género en las titulaciones STEM, que se debe a factores como la autopercepción de la eficacia en estas áreas, inferior en las chicas que en los chicos. Esta consideración coincide con el estudio sobre perspectiva de género en la enseñanza de STEM que forma parte de esta tesis por compendio (Arabit, Prendes y Serrano, 2021), en el que, pese a que el nivel de esfuerzo declarado por las niñas es superior, los niños manifiestan un nivel mayor de motivación en estas áreas. Dapía et al. (2019) no hallaron diferencias significativas entre los niños y niñas de Educación Primaria que participaron en su estudio en cuanto al conocimiento de las ciencias, aunque encontraron mayor confianza por parte de los niños.

En la revisión sistemática de Kanny et al. (2014), en la que analizaron más de trescientos estudios, se encontró que los factores psicológicos, las barreras estructurales y las creencias sobre las STEM eran los aspectos que más determinaban la brecha de género en las áreas científicas. Morentin-Encina et al. (2019) destacan la influencia ejercida por factores como el origen étnico, la clase social y el género en los resultados obtenidos en las áreas STEM.

Por su parte, Morales y Morales (2020) refieren factores socioculturales (influencia familiar, estereotipos, discriminación y sesgos) y factores psicológicos (autoconcepto, autoconfianza, creencias, percepciones, intereses y preferencias) como elementos relacionados con la brecha de género en STEM. Blazev et al. (2017) concluyen la necesidad de centrar los esfuerzos en reducir los estereotipos de género en las áreas STEM.

Según Reinking y Martin (2018), la brecha de género en STEM comienza a darse entre los ocho y los diez años de edad, por lo que las medidas para ir atenuando las diferencias han de ser abordadas desde la enseñanza primaria. A este respecto, Savinskaya (2017) apunta a la necesidad de implantar e impulsar programas de formación STEM, incluso antes de la etapa de primaria, donde se contemplen las peculiaridades de aprendizaje de niños y niñas con el fin de aspirar a un mismo grado de percepción positiva y motivación por parte de ellos y ellas en las áreas STEM.

Así, por ejemplo, el proyecto W-STEM, con la vista puesta en las prioridades de la Comisión Europea, se propone los objetivos de medir la igualdad de género en los programas STEM y de promover la vocación y elección de estudios STEM por parte de las niñas (García-Holgado et al., 2020).

Centrándonos ahora en el aspecto profesional, según el último informe PISA (INEE, 2019), la expectativa de trabajar en un futuro como científico o ingeniero es superior en los alumnos que en las alumnas. En un estudio más reciente, la OCDE (2022) vuelve a remarcar que los hombres son más proclives que las mujeres a estudiar en los ámbitos STEM, lo que influye posteriormente en la brecha salarial, dado que se da una mayor proporción de mujeres en ámbitos asociados con ingresos más bajos, como las humanidades, la educación y las artes.

Citando a López-Rupérez et al. (2021), se da la circunstancia de que las mujeres están infrarrepresentadas en las diferentes áreas STEM en multitud de países. Según Xie et al. (2015), en Estados Unidos existe preocupación por promover la enseñanza científica en los grupos que menos se decantan por estos ámbitos, como las mujeres, dado que el impulso de las STEM se considera como una prioridad para el crecimiento de la economía.

Reinking y Martin (2018) mantienen que los estereotipos y clichés de las profesionales STEM pueden influir en las preferencias manifestadas por las mujeres con respecto a otros ámbitos. Por otro lado, en un estudio de Sáinz y Müller (2017) centrado en estudiantes españoles de secundaria, se concluyó que también existe cierta influencia de la familia en

las aspiraciones del alumnado para decantarse por profesiones relacionadas con las STEM.

Sin embargo, según sostienen Oliveira et al. (2019) en su revisión bibliográfica sobre igualdad de género en la educación STEM, pese a que la mejora de la presencia y el desempeño de las mujeres en estas áreas es la inquietud más repetida por los investigadores, no parece darse una reflexión crítica sobre los obstáculos para el desarrollo de carreras académicas y profesionales, especialmente de ámbitos STEM, que no atañen únicamente al contexto laboral, sino que se abarcan realidades más amplias y complejas relacionadas con contextos personales, como el cuidado familiar o las responsabilidades domésticas.

Por tanto, de acuerdo con Sáinz (2020), dado que las razones que influyen en la brecha de género en los ámbitos STEM son múltiples y complejas, para dar respuesta a esta realidad se precisa el compromiso de todos los agentes: gobiernos e instituciones, empresas, medios de comunicación, comunidades educativas y las familias del alumnado (es decir, se precisa la implicación de la sociedad en general).

2.2. METODOLOGÍAS ACTIVAS PARA LA ENSEÑANZA DE STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA

2.2.1. Las metodologías activas

Según Luelmo (2018, p. 4), las metodologías activas tienen un papel “cada más relevante en nuestros días dentro del sistema educativo español desde Educación Infantil hasta Educación Superior”. Las metodologías activas suponen situar el foco en el alumnado como protagonista y actor principal en la construcción de sus aprendizajes. En palabras de López-Altamirano et al. (2022), el empleo de metodologías activas implica una enseñanza centrada en el estudiante, que aprende mediante un proceso constructivo, activo y no únicamente receptivo.

Cálciz (2011) señala las claves que dan respuesta a qué, cómo, cuándo y dónde enseñar para que una metodología se pueda considerar activa: se ha de producir un aprendizaje significativo, a través de la manipulación y elaboración del objeto de conocimiento (aprendizaje por descubrimiento), adaptándose a los diferentes ritmos de aprendizaje y en un entorno estimulante.

El empleo de metodologías activas implica un cambio en los roles tradicionales de profesorado y alumnado para adaptarse a un nuevo paradigma, donde el estudiante es el principal responsable de su aprendizaje y gana autonomía, mientras que el docente va más allá de la transmisión de conocimientos para guiar a sus estudiantes en la construcción de los aprendizajes (Luelmo, 2018). Fernández-March (2006) afirma que las metodologías activas son más adecuadas y eficaces para el desarrollo del pensamiento crítico y del aprendizaje autónomo. Además, estas metodologías pretenden favorecer la creatividad y evitar el proceso memorístico (Peralta y Guamán, 2020). En contraposición, Paños (2017, p. 44) sostiene que “las metodologías pasivas, unidireccionales y centradas en el profesor no son eficaces *per se*”. Por su parte, Muntaner et al. (2020) señalan que los métodos activos “son el futuro en el panorama educativo por lo que suponen para el desarrollo integral del alumnado, por sus potencialidades y por sus numerosos beneficios ampliamente recogidos en la bibliografía nacional e internacional” (p. 110).

Las metodologías activas que se pueden emplear en las aulas son muy variadas (Figura 8) y, como se ha dicho, siempre están centradas en el estudiante. Entre ellas, podemos señalar: aprendizaje cooperativo, gamificación, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje basado en el diseño, aprendizaje y servicio, aprendizaje basado en fenómenos, aprendizaje en ambientes o la clase invertida (Asunción, 2019; Fernández-March, 2006; García-Tudela, Montiel y Prendes, 2023; Herrera y Prendes, 2019; López-Altamirano et al., 2022; Peinado et al., 2019a; Peralta y Guamán, 2020; Sanmartí y Márquez, 2017; Thibaut et al., 2018).

Figura 8

Tipos de metodologías activas



2.2.2. Enseñanza de STEM con metodologías activas en Primaria

La enseñanza de STEM favorece la creatividad, la curiosidad, el pensamiento crítico, el pensamiento computacional, la conexión entre lo teoría y la práctica, la autonomía, el emprendimiento y la motivación para aprender (Murphy et al., 2019; Mustafa et al. 2016; Sanmartí y Márquez, 2017). Por su parte, Bybee (2013) describió la alfabetización STEM como:

“Conocimiento, actitudes y habilidades para identificar y resolver problemas en situaciones de la vida, explicar el mundo natural y diseñado, y extraer conclusiones basadas en la evidencia sobre cuestiones relacionadas con STEM; comprensión de los rasgos característicos de las disciplinas STEM como formas de conocimiento humano, investigación y diseño; conocimiento de cómo las disciplinas STEM moldean nuestros entornos materiales, intelectuales y culturales; y voluntad de participar en cuestiones relacionadas con STEM y con ideas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas como un ciudadano constructivo, preocupado y reflexivo”. (pp. 10-11).

Para lograr estos beneficios en la enseñanza de STEM se han de implementar estrategias metodológicas adecuadas, aspecto que ha suscitado el interés de numerosos investigadores y pedagogos. Así mismo, el papel que desempeña el alumnado y el profesorado en el proceso de enseñanza y aprendizaje de STEM es un tema muy analizado en la investigación educativa en los últimos años (Arabit et al., 2023), así como también lo es la formación de los docentes -y su propia percepción sobre ello- para impartir estas áreas (Dawne, 2016; Kurup et al., 2019; Shernoff et al. 2017; Thibaut et al., 2018).

Entre las metodologías que pueden potenciar un aprendizaje efectivo de las STEM por parte del alumnado, destacan especialmente las metodologías activas (Arabit et al., 2023; Arteaga et al., 2022; Ferrada, 2021; Hacking, 2015; Macancela-Coronel, 2020; Mateos, 2021).

A este respecto, Macancela-Coronel et al. (2020) subrayan el potencial de los métodos activos para favorecer un aprendizaje interdisciplinar e integrado partiendo de los contenidos STEM. Ferrada (2021) afirma que estas metodologías activas facilitan la conexión de los conocimientos STEM con el entorno y la vida real del alumnado, influyendo positivamente en su actitud y su motivación hacia las ciencias. En la misma línea, Hacking (2015) vincula la motivación y el interés por las STEM con la investigación y la experimentación en torno a contextos reales.

Sanmartí y Márquez (2017) mencionan en su estudio una serie de metodologías activas que son eficaces para la enseñanza científica, como el aprendizaje basado en la

modelización, el aprendizaje por indagación, el aprendizaje en ambientes, las rutinas de pensamiento o el aprendizaje basado en fenómenos. Las autoras centran su atención en la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP) y destacan el potencial de este enfoque para promover en el alumnado la motivación, la creatividad, la autonomía y el trabajo colaborativo. Numerosos investigadores coinciden al señalar las aportaciones positivas del método de ABP a la enseñanza de STEM (Báez, 2022; Domènech-Casal, 2018; Torras, 2021).

En otras investigaciones se focaliza el interés en los enfoques de aprendizaje basado en la indagación, que favorecen el aprendizaje de las ciencias desarrollando en los estudiantes habilidades para la resolución de problemas y el trabajo en grupo, fomentando un aprendizaje significativo e influyendo positivamente en la motivación y el rendimiento (Julve-Tiestos, 2022; Ortiz y Greca, 2017; Osborne y Dillon, 2008).

Por otro lado, centrándonos ahora en las metodologías activas apoyadas por las TIC, nos encontramos con profusa bibliografía sobre tecnología educativa para implementar estrategias metodológicas innovadoras las aulas, dejando atrás prácticas didácticas centradas únicamente en el docente y basadas en la transmisión unidireccional del conocimiento (Barrera, 2015; García-Valcárcel y González, 2011; Marqués, 2000; Roblizo y Cózar, 2015).

Algunas de las metodologías activas que han adquirido relevancia en los últimos años son la ludificación o gamificación (aprendizaje basado en juegos) y la *flipped classroom* (clase invertida). Por un lado, la clase invertida reestructura la secuencia tradicional de enseñanza, aprovechando los recursos del aula y la presencia del docente para que los estudiantes realicen actividades prácticas, y empleado herramientas tecnológicas para la aproximación teórica a los contenidos (mediante vídeos, presentaciones multimedia, *podcast*, videoconferencias, REA, materiales interactivos, etcétera). Estudios como los de Van Assendelft (2013) o Merreid y Schiller (2013) concluyen que esta metodología fomenta la motivación, la autonomía, la participación activa y el trabajo colaborativo del alumnado. Investigaciones más recientes corroboran estos postulados (Cedeño-Escobar y Viguera-Moreno, 2020; González-Zamar y Abad-Segura, 2020; Ros-Rodríguez, 2021), mientras que otros autores han centrado sus estudios en la aplicación de la clase invertida para la enseñanza de STEM (Huber y Werner, 2016; Kelly y Denson, 2017; Peinado et al., 2019b).

Con respecto a la gamificación, se trata de una metodología que busca la construcción de los aprendizajes a través del juego, habitualmente con el apoyo de recursos tecnológicos. Entre las ventajas encontradas en el despliegue de este método en las aulas, destacan las

siguientes: mejora la cohesión y la integración de los contenidos (Batistello y Cybis, 2019; Marín, 2015); posibilita clases más interactivas, dinámicas y participativas (Moya, 2016); fortalece aprendizajes significativos en matemáticas (Sánchez, 2021); promueve la retroalimentación, la experimentación y la autonomía (Hernández y Collados, 2020); y desarrolla el pensamiento crítico, la creatividad y el razonamiento lógico, verbal y matemático del estudiante (Macías, 2017). Se trata, por tanto, de una metodología eficaz para la enseñanza de STEM.

Sin embargo, para implementar de forma apropiada en las aulas estas metodologías activas apoyadas por tecnologías, es imprescindible una adecuada capacitación digital y pedagógica. En este sentido, Prendes et al. (2018, p. 12) constatan que la competencia digital docente (CDD) “va mucho más allá del conocimiento sobre cómo usar las tecnologías, pues supone conocimientos y capacidades para poder llevar a cabo procesos de selección e integración curricular de estas tecnologías”. Para ello, podemos tener como referencia el Modelo TPACK de Mishra y Koehler (2008), que condiciona la efectiva integración de las tecnológicas y las metodologías con un adecuado conocimiento disciplinar, pedagógico y tecnológico por parte del profesorado.

En definitiva, cada vez más estudios e investigaciones reiteran la importancia, la necesidad y los beneficios de innovar en las estrategias metodológicas que se han de emplear para la enseñanza de STEM, lo cual ocupa un lugar destacado en nuestra investigación, tal y como se puede comprobar en el compendio de artículos de esta tesis doctoral.

2.3. TECNOLOGÍAS, PLATAFORMAS Y REA PARA LA ENSEÑANZA DE STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA

2.3.1. Tecnologías avanzadas

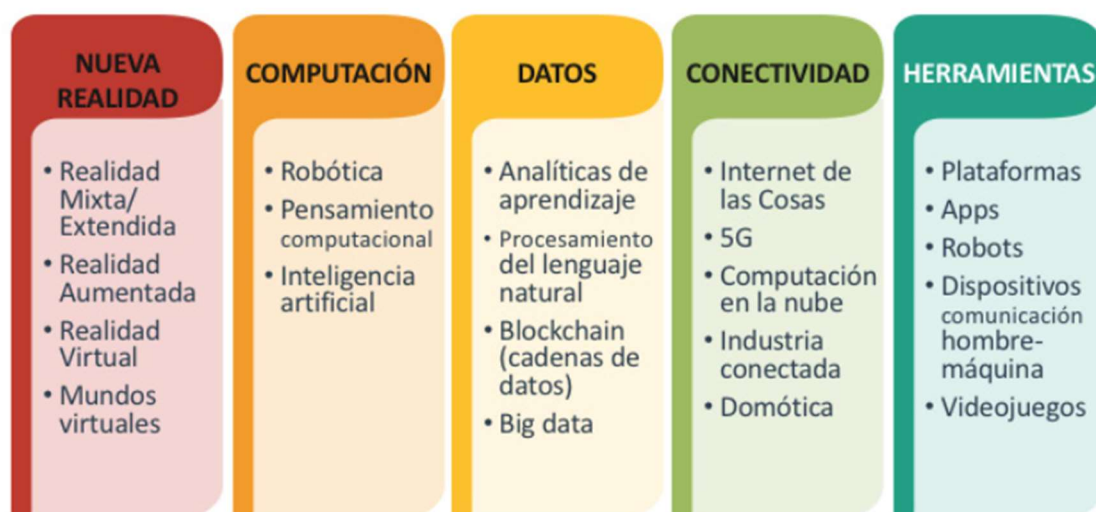
Junto con el empleo de métodos activos para la enseñanza de STEM, abordados en el apartado anterior, las tecnologías avanzadas y el empleo de REA son los pilares básicos de nuestra investigación.

Las tecnologías avanzadas tienen un potencial notable para desplegar experiencias interactivas y motivadoras en la enseñanza de STEM, siempre y cuando sean implementadas de manera adecuada por el profesorado (Arabit, García-Tudela y Prendes, 2021).

Prendes y Cerdán (2021) se refieren a las tecnologías avanzadas como aquellas que presentan desarrollos tecnológicos más actuales y punteros que permiten importantes aplicaciones prácticas y reales en el campo de la educación. En la revisión llevada a cabo por los autores se presenta una clasificación de tecnologías avanzadas en torno a cinco categorías (Figura 9): nueva realidad, computación, datos, conectividad y herramientas.

Figura 9

Clasificación de las tecnologías avanzadas



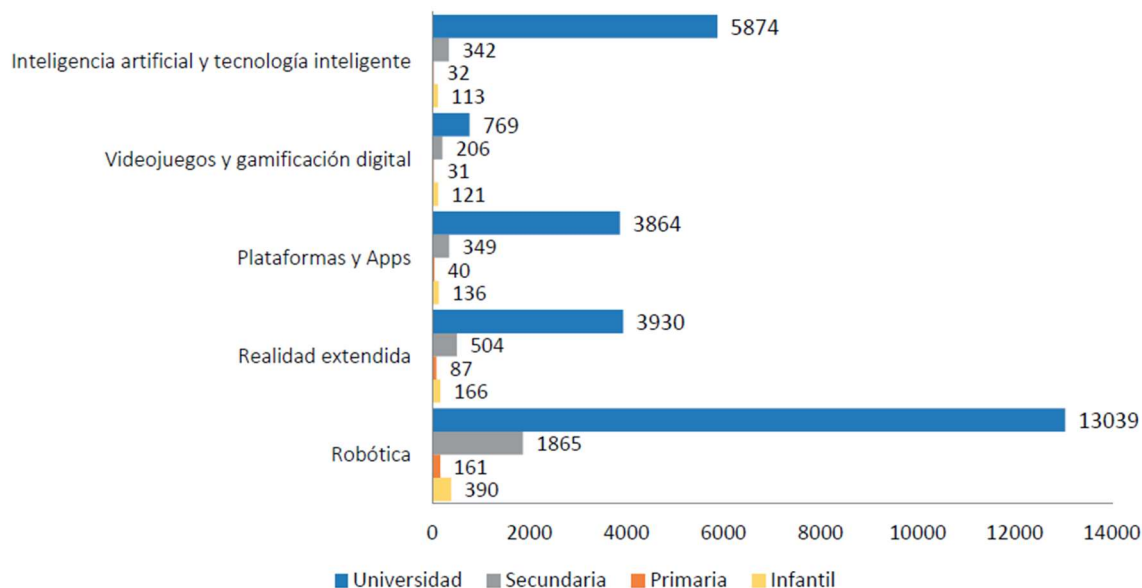
Fuente: Prendes y Cerdán (2021, p. 38).

Cuando hablamos de tecnologías avanzadas, se ha de tener en cuenta que son realidades en continua evolución y desarrollo y, por tanto, tienden a quedarse obsoletas y requerir actualizaciones (Arabit, García-Tudela y Prendes, 2021). En este sentido, Lengua et al. (2020) identifican los inconvenientes o limitaciones de estas tecnologías emergentes, como la incertidumbre que genera un campo tan cambiante, los costes que supone su desarrollo, la corta permanencia en el tiempo o la todavía insuficiente producción investigadora acerca de ellas. Sin embargo, Palacios et al. (2022), en su trabajo de compendio de investigaciones, detectan un crecimiento exponencial en los últimos años en la producción científica sobre las tecnologías avanzadas aplicadas a la enseñanza de STEM.

En la investigación documental que forma parte de esta tesis por compendio (Arabit, García-Tudela y Prendes, 2021) se constata que las tecnologías avanzadas se están empleando para la enseñanza de STEM en todas las etapas educativas, sin embargo, la escasez investigadora a la que aluden Lengua et al. (2020) se evidencia fundamentalmente en Infantil y Primaria (véase la Figura 10).

Figura 10

Búsquedas booleanas sobre tecnologías avanzadas en Scopus (periodo 2016-2021)



Fuente: Arabit, García-Tudela y Prendes (2021, p. 177).

A continuación, nos detendremos de forma sucinta en cada una de las tecnologías avanzadas que aparecen en la anterior figura (si bien dedicaremos un apartado específico a las plataformas y aplicaciones), aludiendo concretamente a su empleo para la enseñanza de STEM en los niveles educativos básicos. Para ello, tomamos como referencia las experiencias analizadas en nuestra investigación documental.

Comenzando por la robótica, Turan y Aydoğdu (2020) ponen el foco en la codificación de robots para iniciar a los estudiantes en el desarrollo de habilidades STEM. Sánchez-Vera (2021) destaca que la robótica despierta el interés por la ciencia y fomenta el desarrollo del pensamiento computacional y algorítmico en el alumnado, potenciando la capacidad de descomposición y la identificación de patrones. Aranda et al. (2019) constatan que el empleo de robots en su propuesta didáctica favoreció la interdisciplinariedad de los contenidos, la motivación y la perseverancia de los estudiantes, así como los procesos de resolución de problemas matemáticos. Por su parte, Casado y Checa (2020) llevaron a cabo una experiencia de robótica mediante la metodología de ABP y también encontraron un progreso en la resolución de problemas y una mayor creatividad. Sánchez et al. (2020) comprobaron una influencia positiva de la robótica educativa en el interés, la motivación y la consolidación de los aprendizajes en el alumnado de Primaria participante en su estudio de caso. Otra experiencia implementada en Primaria con robots, en concreto con el *bee-boot*, es la de Hurtado y Santamaría (2019), quienes aprecian una mejora en el aprendizaje

y un mayor interés por los saberes trabajados en la asignatura de Ciencias de la Naturaleza.

Siguiendo con la realidad extendida, podemos destacar prácticas en las que emplearon esta tecnología avanzada para recrear y enriquecer diversos contenidos científicos, como las experiencias de Marín et al. (2016) y Marín y Muñoz (2018). Los autores concluyen que el uso de la realidad virtual aumentó la autonomía y la motivación de los niños y promovió un aprendizaje por descubrimiento a través de la exploración de la realidad de una forma diferente. A pesar de los beneficios, los investigadores destacan uno de los factores limitantes para el empleo de la realidad extendida en la enseñanza: requiere de una dotación de recursos tecnológicos que no siempre es viable o real en los centros educativos. En la etapa de Primaria, Demitriadou et al. (2020) implementaron una experiencia mediante la que pretendían que los estudiantes superaran sus dificultades con la representación de figuras tridimensionales. Tras la realización de la experiencia, los investigadores encontraron un aumento en la interactividad del alumnado y en su interés por estos contenidos. Por su parte, Bogusevski y Muntean (2020) utilizaron la realidad extendida para adentrar a los escolares de Primaria participantes en un laboratorio virtual, y destacan que la actividad fue útil sobre todo como repaso de contenido ya trabajado anteriormente en clase.

En cuanto al empleo de videojuegos para trabajar las STEM, Córdoba y Ospina (2019) encuentran en su estudio que los docentes y los pedagogos consideran que un uso didáctico adecuado puede resultar efectivo para lograr aprendizajes significativos. Sampedro et al. (2017) hallaron en los niños una actitud positiva hacia el aprendizaje cuando trabajaron diversos contenidos de ciencia básica a través de un videojuego educativo. Por otro lado, García-Tudela (2018) diseñó una unidad didáctica del área de Matemáticas en Primaria en torno a un conocido personaje de videojuegos, ludificando los contenidos mediante la sucesión de retos. Tras implementar su propuesta innovadora, comprobó la satisfacción de los estudiantes participantes y constató el logro de los objetivos educativos propuestos. También cabe destacar el trabajo de Galindo-Domínguez (2019), donde recopila una serie de propuestas didácticas para abordar diferentes contenidos STEM mediante el videojuego *Minecraft*, muy popular entre los niños.

Con respecto a la Inteligencia Artificial (IA), pese a representar una tecnología educativa poco estudiada en las investigaciones sobre la enseñanza de STEM en los colegios, encontramos experiencias como la de Alsina y Salgado (2021), que emplearon la IA para trabajar procesos de modelización matemática, demostrando la capacidad de los niños para la resolución de problemas reales mediante estas tecnologías. Otro ejemplo es el de

Pareto (2014), que detectó la efectividad de la IA para motivar a los estudiantes, en especial a los que presentan dificultades en el área de Matemáticas. O las investigaciones de Emerling et al. (2020) y Underwood (2017), que subrayan las ventajas de los dispositivos inteligentes guiados por voz para trabajar todo tipo de saberes en las aulas, como por ejemplo los contenidos STEM. Para concluir la mención a esta tecnología, Lane (2021) recoge en su trabajo actividades enfocadas a la etapa de Primaria en las que se abordan diversos contenidos con el uso de la IA y el apoyo de la aplicación *Scratch*.

2.3.2. Plataformas

Por la relevancia que ocupan las plataformas en nuestra investigación, dedicamos este apartado específico a este tipo de tecnologías. La proliferación de plataformas digitales y aplicaciones se ha dado en todos los ámbitos, también en el campo de la enseñanza, donde han surgido cuantiosas plataformas educativas de enseñanza y aprendizaje, en general, y también numerosas aplicaciones diseñadas con fines específicos como el desarrollo de tutorías, evaluación, administración y gestión, comunicación con las familias del alumnado, etcétera (García-Tudela y Prendes, 2021).

Para referirnos a las aplicaciones y plataformas educativas, habitualmente se emplean los términos Entornos Virtuales de Enseñanza y Aprendizaje (EVEA) o LMS (*Learning Management Systems*). Las EVEA o LMS son herramientas digitales que ofrecen un entorno virtual enriquecido para el desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje (Rey y Gómez, 2019).

Existe una amplia producción investigadora sobre EVEA y LMS (Miller et al., 2020; Prendes y Cerdán, 2021). Araka et al. (2020) sostienen en su revisión sistemática que estas plataformas educativas demuestran su potencial en todos los contextos y situaciones. Centrándonos específicamente en las aplicaciones para la enseñanza de STEM, Kay (2018) constató una evolución en el rendimiento del alumnado de Primaria que hizo uso de aplicaciones STEM.

Las aplicaciones y plataformas STEM sirven como soporte básico para otras tecnologías avanzadas (García-Tudela y Prendes, 2021), como las mencionadas en el anterior apartado. Los autores mencionan, en su capítulo del libro “Tecnologías y pedagogía para la enseñanza de STEM” (Pirámide), diversos catálogos de aplicaciones para trabajar contenidos STEM en Primaria, entre las que destacan algunas como *Apprender*, *GeoBoard* y *K-5 Science for Kids*.

Nuestra investigación documental (Arabit, García-Tudela y Prendes, 2021) alude a otras plataformas y aplicaciones STEM que son el centro de interés de otros trabajos, como los de Mera et al. (2019), Schacter y Jo (2017) o Rivera y Suárez (2017). Mera et al. (2019) centran su estudio en una aplicación para trabajar diversos contenidos matemáticos (*Mon el Dragón*) y concluyen que el uso de aplicaciones digitales influye de forma positiva en el desarrollo de la competencia matemática en el alumnado. Por su parte, Schacter y Jo (2017) emplearon la aplicación *Math Shelf* en una experiencia educativa y, tras su implementación, concluyeron que se produjo un incremento significativo en el rendimiento matemático de los estudiantes que participaron. Rivero y Suárez (2017) estudiaron la actuación de escolares de Primaria con la aplicación móvil *MATI-TEC*, cuyo uso está muy extendido en las escuelas hispanoamericanas. En su investigación constataron que el empleo de esta aplicación ayudó a la mejora del aprendizaje de matemáticas y potenció la motivación y la autoeficacia de los estudiantes participantes en el estudio.

Finalizamos este apartado haciendo alusión a la plataforma CREATE-Skills, que forma parte del proyecto vinculado a esta tesis doctoral. Si bien nos detendremos en ella en el capítulo de resumen de resultados de la investigación, cabe destacar esta herramienta como ejemplo de buenas prácticas asociadas a la enseñanza de STEM, dado que se ha diseñado con la participación de los docentes, fomenta la colaboración familia-escuela y recoge un catálogo de REA que se basan en el empleo de metodologías activas (Arabit, García-Tudela y Prendes, 2021; Prendes y Arabit, 2021).

2.3.3. Recursos Educativos Abiertos

Para concluir el capítulo dedicado a la fundamentación teórica, dedicamos este apartado a los Recursos Educativos Abiertos, cuyo empleo aporta beneficios y oportunidades para la enseñanza de STEM (Arabit et al., 2023).

La UNESCO (2002) introdujo el concepto de *Open Educational Resources* (OER) -en castellano, Recursos Educativos Abiertos (REA)- para hacer referencia a los recursos y materiales de enseñanza a los que puede acceder la comunidad educativa de forma libre y universal a través de las TIC, para consultarlos o adaptarlos con una finalidad de enseñanza y aprendizaje.

Butcher et al. (2015) define los REA como los recursos, actividades y materiales compartidos gratuitamente en diversos formatos mediante plataformas, páginas web, *blogs*, comunidades virtuales de aprendizaje (CVA), etcétera. Según Recio et al. (2021), los REA más utilizados y compartidos son los vídeos, las infografías y las presentaciones

multimedia. Los autores aseguran que cada vez está más extendido el empleo de herramientas tecnológicas para usar, difundir, compartir, adaptar o crear REA.

Hassler et al. (2014) apuntan los siguientes motivos por los que los docentes y los estudiantes hacen uso de los REA: para acceder a contenidos, ideas y recursos más creativos y con una presentación más atractiva; para mejorar o complementar sus propios materiales, y para ahorrar tiempo, dado que son recursos ya creados y listos para ser utilizados o que solo requieren una adaptación.

De acuerdo con Monsalve y Regalado (2020), los REA y las CVA tienen el potencial para transformar las prácticas educativas para situarlas en el nuevo paradigma de la escuela del siglo XXI. Pero esta transformación y evolución de los recursos educativos trasciende al formato en sí: no se limita al paso de los materiales físicos y de papel a los recursos digitales. A este respecto, Area (2017) dice que esta metamorfosis de los materiales no ha de aludir únicamente al cambio de formato, sino que debe considerar la finalidad y la funcionalidad didáctica del recurso.

Una concepción completa de los REA ha de considerar aspectos como “la oportunidad de interacción y colaboración entre los actores de la comunidad educativa, las implicaciones metodológicas de los materiales compartidos, así como la formación técnica y pedagógica de los docentes que han de utilizar, gestionar o adaptar estos recursos” (Arabit et al., 2023, p. 92).

Por su parte, Bharti y Leonard (2021) sostienen que para crear una colección de REA para las disciplinas STEM se deben identificar previamente las necesidades de los usuarios. Jimes et al. (2021) proponen en su trabajo una serie de criterios para seleccionar, adaptar y diseñar REA de STEM. Los autores apuntan que los usuarios principales de este tipo de recursos son docentes de educación superior que buscan, entre otros aspectos, seleccionar contenido STEM para ir más allá de los libros de texto y del material didáctico tradicional.

Zhu (2020) realizó un estudio exploratorio donde analizó el desempeño de docentes de cursos de STEM con REA, y concluyó que las estrategias pedagógicas más efectivas empleadas por los instructores fueron el aprendizaje activo, la personalización de la enseñanza, la retroalimentación, la construcción de una comunidad de aprendizaje y la clarificación de los objetivos de aprendizaje. Según la autora, uno de los desafíos a los que se enfrentaron los instructores fue el cambio de las creencias pedagógicas.

Si bien la mayoría de las investigaciones sobre REA para la enseñanza de STEM están centradas en la educación superior, la plataforma CREATE-Skills (Prendes y Arabit, 2021) incluye un catálogo de REA para enseñar STEM en Primaria que han sido diseñados siguiendo los preceptos metodológicos a los que hemos aludido en este apartado, ya que han sido creados por los propios docentes con la finalidad de trabajar los contenidos científicos en los colegios mediante metodologías activas que potencian la interacción de todos los implicados en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

2.4. CONCLUSIONES DEL MARCO TEÓRICO

En el primer apartado de este capítulo de fundamentación teórica se ha profundizado en el origen y el uso del término STEM, así como en el enfoque y el estado de la enseñanza de estas competencias en la enseñanza primaria en España. Como se ha visto, existe una corriente creciente que defiende el uso del término STEAM, incluyendo las artes en la ecuación. No obstante, en este informe se emplea de manera generalizada y estable el acrónimo STEM por considerar que refleja de forma más exacta el planteamiento del proyecto CREATE-Skills y las acciones que se han ido desarrollando a lo largo de la investigación, desde los documentos iniciales del proyecto, pasando por la confección de los instrumentos de investigación, hasta el diseño de la plataforma y de las actividades (aunque en alguna de ellas se haga un uso puntual de las artes para abordar contenidos científicos).

Además, el empleo del término STEM es coherente con la legislación vigente en España (LOMLOE y Real Decreto 157/2022) y en la Unión Europea (Recomendación del Consejo de la UE de 2018). Como se ha visto en el apartado 2.1.2., la legislación educativa califica la competencia STEM como una de las competencias clave que precisan los ciudadanos para su aprendizaje, su desarrollo personal y la comprensión del mundo. También se ha visto en la revisión bibliográfica que la investigación sitúa las STEM en un lugar destacado para desarrollar las competencias del siglo XXI y para la prosperidad económica, ya que suponen destrezas y conocimientos cada vez más demandados en todo tipo de profesiones, especialmente en nuevas ocupaciones.

Sin embargo, como ya hemos relatado, en el plano laboral existe una brecha de género, dado que las mujeres están infrarrepresentadas en las profesiones científicas. Se ha aludido a diversas razones (expectativas, preferencias, estereotipos y otros factores socioculturales), por lo que es pertinente tener en cuenta esta realidad en las

investigaciones sobre la enseñanza de STEM, como se ha hecho en esta tesis por compendio con un artículo dedicado expresamente a ello.

Por otro lado, tal y como ya se ha mencionado, la puntuación obtenida por los estudiantes de España en las materias STEM está por debajo de la media de la UE y la OCDE en las principales evaluaciones externas llevadas a cabo a nivel internacional (PISA y TIMSS), lo que nos lleva a preguntarnos por los posibles motivos de esta situación. En la fundamentación teórica se ha descrito el estado de la enseñanza de STEM en España, con especial atención a los aspectos metodológicos, a la formación docente y a los recursos que se emplean.

Las investigaciones señalan los beneficios que supone el empleo de metodologías activas para la enseñanza de STEM, como el aprendizaje significativo y constructivo de los conocimientos, el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la autonomía, el trabajo en equipo, la motivación y la conexión de los aprendizajes con la vida del alumnado.

Además, hemos destacado el potencial de las tecnologías avanzadas para apoyar e impulsar la implementación de métodos activos y para profundizar en los citados beneficios. Ambos aspectos, métodos activos y tecnologías para la enseñanza de STEM, son el eje principal de esta investigación.

A pesar las potencialidades de las tecnologías avanzadas para la educación STEM, hemos comprobado que hay una escasez de producción investigadora sobre su uso educativo en la enseñanza primaria. Todo ello reafirma el interés de esta investigación por las tecnologías avanzadas (Inteligencia Artificial, robótica, realidad extendida, plataformas, etcétera), a las que se les dedica un artículo del compendio de publicaciones.

Y dentro de las tecnologías avanzadas, hacemos mención especial a las plataformas por su relevancia en esta investigación enmarcada en el proyecto CREATE-Skills. Como ya se ha dicho, las plataformas educativas favorecen la colaboración y la interacción entre los agentes de la comunidad educativa (principalmente profesorado, alumnado y familias). Es el caso de la plataforma CREATE-Skills, como se verá en el capítulo de resultados.

Esta plataforma, además de otras funcionalidades que promueven la interacción entre docentes, estudiantes y familias, aloja un catálogo de Recursos Educativos Abiertos para la enseñanza de STEM. Las TIC han posibilitado la metamorfosis de los recursos y materiales didácticos que suponen los REA, los cuales protagonizan otro de los artículos de la tesis por compendio.

Como ya se ha dicho, las metodologías activas, las tecnologías avanzadas y los REA están llamados a transformar las prácticas educativas. Esta transformación debe ir necesariamente de la mano de una adecuada formación técnica y pedagógica de los docentes, con especial atención al desarrollo de la competencia digital docente.

Todos los aspectos destacados en este último apartado del capítulo sintetizan, a modo de conclusión, lo relatado en el marco teórico en conexión con la parte empírica de esta investigación.

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. PROBLEMA Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

3.2. MÉTODO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.3 CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN: EL PROYECTO CREATE-SKILLS

3.4. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

3.5. PARTICIPANTES

3.5.1. Participantes en el análisis de necesidades

3.5.2. Participantes en la fase de evaluación de la experiencia de innovación educativa

3.6. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS

3.6.1. Instrumentos para el análisis de necesidades

3.6.2. Instrumentos para la evaluación de la experiencia

3.7. PROCEDIMIENTO

3.8. ANÁLISIS DE DATOS

3.9. ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. PROBLEMA Y OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

La realidad que presentan los estudios de la revisión bibliográfica sobre el estado de la enseñanza de STEM en España motiva nuestro problema de investigación, directamente vinculado con los objetivos del proyecto europeo CREATE-Skills, marco de esta investigación.

El problema de investigación al que se pretende dar respuesta es el siguiente: ¿Se puede mejorar la enseñanza de STEM en Educación Primaria empleando metodologías activas y tecnologías?

Esta investigación persigue dos objetivos generales y siete objetivos específicos, enunciados en la Tabla 3.

Tabla 3

Objetivos generales y específicos de la investigación

OG1	OBJETIVO GENERAL 1
	Conocer el contexto y las necesidades de la comunidad educativa de los centros de enseñanza Primaria participantes con respecto al proceso de enseñanza y aprendizaje de STEM.
OE1.1	Objetivo específico 1.1 Analizar la perspectiva de profesorado, estudiantes, directores de centros educativos y familias del alumnado con respecto a la enseñanza y el aprendizaje de STEM.
OE1.2	Objetivo específico 1.2 Analizar la percepción y las necesidades del profesorado de Primaria en relación con su formación y acerca de las metodologías, las tecnologías y los recursos empleados en la enseñanza de STEM.
OE1.3	Objetivo específico 1.3 Analizar la opinión y las necesidades del alumnado de Primaria sobre las asignaturas STEM, así como su grado de motivación, esfuerzo y participación en dichas áreas.
OE1.4	Objetivo específico 1.4 Analizar las posibles diferencias de género percibidas por profesorado, alumnado, familias y directores de centros de Primaria con respecto a la enseñanza y el aprendizaje de STEM.

OG2 OBJETIVO GENERAL 2

Evaluar una experiencia de innovación educativa en enseñanza de STEM implementada en un centro de Educación Primaria con empleo de metodologías activas y recursos digitales.

OE2.1 Objetivo específico 2.1

Analizar la satisfacción del alumnado participante en la experiencia tras la realización de las actividades STEM.

OE2.2 Objetivo específico 2.2

Analizar la percepción del profesorado sobre la experiencia implementada a partir de la propuesta de CREATE-Skills.

OE2.3 Objetivo específico 2.3

Analizar la colaboración familia-escuela a partir de la satisfacción de las familias en relación con la experiencia implementada y con el aprendizaje de STEM por parte de sus hijos e hijas.

3.2. MÉTODO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

La investigación se apoya en el paradigma cuantitativo, si bien el enfoque de la misma se corresponde con un método mixto, ya que incorpora métodos cuantitativos y cualitativos de recopilación y análisis de datos (Creswell, 1999). De acuerdo con Pole (2009), la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos puede dar lugar a estudios más sólidos. La recogida de datos se ha realizado mediante la aplicación de cuestionarios y, aunque forma más puntual, con entrevistas.

En cuanto al diseño de investigación, tenemos que diferenciar entre una fase inicial de diseño descriptivo y una fase de diseño evaluativo.

En primer lugar, para abordar el análisis de necesidades en la fase inicial, se ha realizado una investigación cuantitativa no experimental de tipo exploratorio y con diseño de investigación descriptivo, siguiendo la clasificación de McMillan y Schumacher (2005). Para la recogida de datos en esta fase de diseño de investigación de tipo descriptivo se emplearon técnicas de encuesta en el caso del profesorado, el alumnado y las familias participantes (con tres cuestionarios diferenciados para estos agentes) y una entrevista estructurada para los directores de los centros educativos.

Por último, para evaluar la experiencia de innovación educativa se implementó un diseño de investigación de tipo evaluativo, considerando un caso único de estudio, dado que la intervención se implementó en un único colegio elegido por conveniencia (el centro educativo socio del proyecto). En esta fase evaluativa se emplearon cuestionarios diseñados *ad hoc* para recabar los datos de los participantes en la experiencia de innovación.

3.3. CONTEXTO DE LA INVESTIGACIÓN: EL PROYECTO CREATE-SKILLS

Esta tesis doctoral se enmarca en el proyecto Erasmus+ CREATE-Skills¹, financiado por la Comisión Europea. El objetivo de CREATE-Skills es mejorar la enseñanza STEM mediante el empleo de metodologías activas y tecnologías en las aulas de los centros de Educación Primaria. En este proyecto europeo han participado ocho instituciones de cuatro países: España, Portugal, Grecia y Lituania. Los socios españoles son el GITE de la Universidad de Murcia y el CEP Nuestra Señora de la Consolación. El resto de socios europeos son: *Mentortec* (Portugal), *Agrupamento de Escolas de Loureiro* (Portugal), *Science View Hellenic Association* (Grecia), *Chania Directorate of Primary Education* (Grecia), *UAB Mestis Baltic* (Lituania) y *UAB Karalienes Mortos Mokykla* (Lituania).

El proyecto se inició con la detección de necesidades referidas a la enseñanza de las disciplinas STEM en la comunidad educativa de los siete colegios participantes en esta fase inicial, todos ellos de titularidad pública y situados en la Región de Murcia (España). A partir de estos resultados, se enunciaron las recomendaciones y orientaciones metodológicas que debían guiar la enseñanza de STEM para fomentar el interés y la motivación de los estudiantes de Primaria por las ciencias y para desarrollar un aprendizaje auténtico y significativo de los conocimientos científicos. Estas recomendaciones se emplearon para diseñar una experiencia de innovación educativa para enseñar STEM.

Dicha experiencia se implementó en el CEP Nuestra Señora de la Consolación, centro educativo que participaba como socio del citado proyecto Erasmus+. Este colegio está ubicado en el centro urbano de Molina de Segura, municipio de la Región de Murcia (España) que tiene más de 70.000 habitantes y está situado a escasos kilómetros de la capital murciana. En los años en los que se desarrolló el proyecto, el colegio contaba con aproximadamente 400 estudiantes matriculados. El alumnado se distribuía en 18 unidades organizadas en tres líneas, es decir, tres grupos en cada nivel de Primaria (de 1.º a 6.º), con una ratio comprendida entre 20 y 26 discentes por clase. El nivel socioeconómico de

¹ Referencia del proyecto Erasmus+ CREATE-Skills: 2017-1-PT01-KA201-035981

las familias del colegio es medio, tal y como se describe en el Proyecto Educativo de Centro (documento público aprobado para el curso 2022-2023²).

3.4. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación se ha desarrollado en cuatro fases en las que se han ido completando acciones que van desde los trabajos preparatorios para realizar un análisis de necesidades referido a las perspectivas de los agentes de la comunidad educativa acerca la enseñanza de STEM en Educación Primaria, hasta la evaluación de la experiencia de innovación implementada en las aulas. En la Tabla 4 se relacionan todas estas acciones, así como las publicaciones derivadas de la investigación.

Tabla 4

Fases de la investigación

FASE 1 2017 - 2018
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentación del plan de investigación previsto para la tesis doctoral. ▪ Análisis documental sobre la enseñanza de STEM en Educación Primaria. ▪ Diseño de instrumentos de investigación para el análisis de necesidades: entrevista para directores y cuestionarios para profesorado, alumnado y familias. ▪ Aplicación de cuestionarios y entrevistas a los participantes.
FASE 2 2018 - 2019
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis de necesidades a partir de los datos recogidos con los instrumentos de investigación. ▪ Diseño de la plataforma CREATE-Skills. ▪ Diseño de los Recursos Educativos Abiertos para la enseñanza de STEM en Primaria. ▪ Publicaciones de esta fase de investigación: <p style="margin-left: 20px;">Arabit-García J. y Prendes-Espinosa, M. P. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. <i>Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación</i>, 57(1), 107-128.</p> <p style="margin-left: 20px;">Arabit-García, J., Prendes-Espinosa, M. P. y Serrano-Sánchez, J. L. (2021). La enseñanza de STEM en Educación Primaria desde una perspectiva de género. <i>Revista Fuentes</i>, 23(1), 64–76.</p> <p style="margin-left: 20px;">Prendes-Espinosa, M. P. y Arabit-García, J. (2021). La enseñanza de STEM: el Proyecto CREATE-Skills. En M. P. Prendes, I. M. Solano y M. M. Sánchez (Coords.), <i>Tecnologías y pedagogía para la enseñanza STEM</i> (pp. 25–39). Pirámide.</p>

² PEC: <https://padlet.com/cepconsolacionmolina/cep-ntra-sra-de-la-consolaci-n-77fnimboyf7qfhji/wish/2453023707>

FASE 3 | 2019 - 2020

- Diseño de instrumentos de investigación para la evaluación de la experiencia de innovación educativa: cuestionarios para profesorado, alumnado y familias.
- Formación del profesorado encargado de implementar la experiencia en las aulas.
- Implementación de la experiencia de innovación educativa en cinco grupos de estudiantes de un centro de Educación Primaria de la Región de Murcia.
- Aplicación de cuestionarios a los participantes en la experiencia implementada.

FASE 4 | 2021 - 2023

- Evaluación de la experiencia implementada mediante el análisis de datos recogidos con los instrumentos de investigación.
 - Publicaciones de esta fase de investigación:
 - Arabit-García, J., García-Tudela, P. A. y Prendes-Espinosa, M. P. (2021). Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica. *Revista Iberoamericana De Educación*, 87(1), 173-194.
 - Arabit-García, J., Prendes-Espinosa, M. y Serrano-Sánchez, J. L. (2023). Recursos Educativos Abiertos y metodologías activas para la enseñanza de STEM en Educación Primaria. *Revista Latinoamericana De Tecnología Educativa - RELATEC*, 22(1), 89-106.
 - Actualización del plan de investigación de la tesis doctoral.
 - Redacción del informe de tesis doctoral en la modalidad de compendio de publicaciones.
-

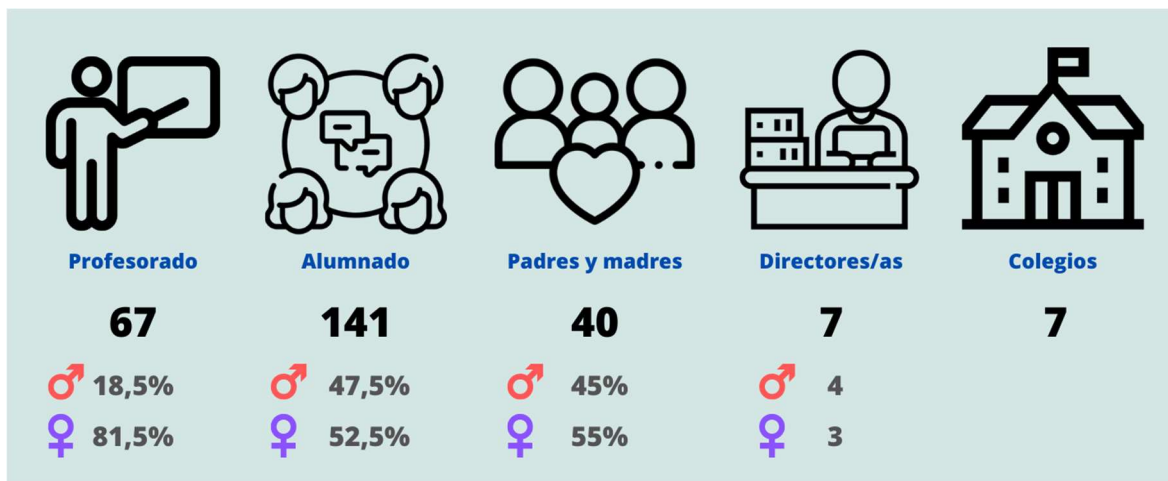
3.5. PARTICIPANTES

3.5.1. Participantes en el análisis de necesidades

Los participantes en el estudio descriptivo realizado para el análisis de necesidades fueron 67 docentes, 141 estudiantes, 40 madres y padres del alumnado y 7 directores de colegios de Educación Primaria (Figura 11). Estos centros educativos fueron elegidos por conveniencia atendiendo a diversos criterios de homogeneidad: son centros educativos de la Región de Murcia, de titularidad pública, sin oferta de estudios de la etapa de Secundaria, y situados en zona urbana.

Figura 11

Participantes en la fase de análisis de necesidades



En lo referido al profesorado, la mayoría se sitúa en un rango de edad de 35 a 50 años (la media es de 42,9 años). El 81,5% de los participantes son mujeres y el 18,5% son hombres. El 82,8% imparte asignaturas STEM, mientras que el 17,2% enseña otras áreas. En cuanto a los años de experiencia laboral como docentes, la media es de 17,8 años.

Con respecto al alumnado participante, su rango de edad está entre los 10 y los 13 años (cursaban 5.º y 6.º de Primaria cuando se les aplicó el cuestionario). El 52,5% de los participantes son niñas y el 47,5% son niños.

En relación con los familiares que han participado, la mayoría tienen una edad comprendida entre los 35 y los 50 años. Un 55% de los participantes son mujeres (22 madres) y el 45% restante son hombres (18 padres). En lo referido al nivel de estudios, un 42,5% de los familiares responde que tiene estudios superiores, un 37,5% dice que tiene estudios medios y un 20% estudios básicos.

En cuanto a los directores, se encuentran en un rango de edad de entre 37 y 62 años (la media es de 52 años). Cuatro son hombres y tres son mujeres. En el momento de ser entrevistados, cuatro participantes llevaban menos de 5 años en el cargo y el resto más de 12 años (con un promedio de 7,6 años de experiencia en el puesto directivo).

3.5.2. Participantes en la fase de evaluación de la experiencia de innovación educativa

Los participantes en la fase de evaluación de la innovación educativa en STEM (fase 4, descrita en el apartado 3.4.) fueron los agentes que participaron en dicha intervención previa llevada a cabo en el centro educativo socio del proyecto (CEP Nuestra Señora de

La Consolación de Molina de Segura, Región de Murcia). Se trata de 5 maestras y 117 estudiantes, así como también 55 padres y madres de alumnos y alumnas participantes (Figura 12). Es una muestra elegida por conveniencia, ajustada a las necesidades del proyecto CREATE-Skills. No eliminamos el nombre de este centro puesto que es socio del proyecto y su participación es pública y visible a través de la página web del proyecto y la del propio colegio³. No obstante, los investigadores contamos con todos los permisos necesarios para divulgar los resultados manteniendo el anonimato individual de los informantes, tal y como se describe en el apartado sobre ética de la investigación (apartado 3.9.).

Figura 12

Participantes en la fase de evaluación de la experiencia



Los escolares, que tenían entre 7 y 12 años en el momento en que se llevó a cabo la intervención, formaban parte de cinco clases (dos grupos de 2.º de Primaria y un grupo de 3.º, de 5.º y de 6.º). En el caso del alumnado, no se pidió especificación de género en el cuestionario aplicado. En el caso del cuestionario de los docentes, no se contemplan datos sociodemográficos como edad o años de experiencia.

Con respecto a las familias participantes, evaluaron la experiencia un total de 55 personas, de las cuales 34 son madres de estudiantes y 18 son padres (tres de los participantes no especificaron género en el cuestionario). En este caso, no se tienen en cuenta otros aspectos sociodemográficos como nivel de estudios.

En la Tabla 5 podemos ver los cursos de Primaria en los que se realizó la experiencia, el número de estudiantes de cada grupo y su rango de edad, así como la actividad implementada en cada clase.

³ Sitio web del CEP: <https://www.murciaeduca.es/cpntrasradelaconsolacion/sitio/>

Tabla 5

Alumnado participante y actividades implementadas en la experiencia evaluada

Curso de Primaria	Edad	Número de estudiantes	Actividad implementada
2.º	7 y 8 años	23	“¡Ven a visitar mi pueblo!” ⁴
2.º	7 y 8 años	23	“Globo aerostático” ⁵
3.º	8 y 9 años	26	“Construcción de figuras geométricas” ⁶
5.º	10 y 11 años	20	“Aprendiendo ciencia a través del teatro” ⁷
6.º	11 y 12 años	25	“¡Boom! - Una prueba de choque” ⁸
Total: 117			

Fuente: Arabit et al. (2023, p. 96).

3.6. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS

3.6.1. Instrumentos para el análisis de necesidades

Para llevar a cabo el análisis de necesidades con respecto a la enseñanza de STEM, se emplearon cuatro instrumentos de investigación cuantitativos y cualitativos (tres cuestionarios y una entrevista). Los instrumentos fueron diseñados *ad hoc* por los socios del proyecto, adaptados al castellano por el GITE, y validados mediante juicio de expertos con método *Delphi*. El juicio de expertos es “una de las técnicas o estrategias más utilizadas en las diferentes investigaciones en el terreno educativo” (Barroso y Cabero, 2013). En esta validación de instrumentos participaron, a través de un formulario en línea, investigadores internacionales de las instituciones asociadas de los cuatro países europeos que forman parte del proyecto CREATE-Skills.

Se trata de tres cuestionarios para alumnado (Anexo I), profesorado (Anexo II) y familiares (Anexo III) y de una entrevista estructurada para los directores y las directoras de los colegios (Anexo IV). A continuación, se describen los aspectos fundamentales de estos cuatro instrumentos de recogida de datos.

⁴ Ficha descriptiva del REA “¡Ven a visitar mi pueblo!”: <https://bit.ly/2UgYjOF>

⁵ Ficha descriptiva del REA “Globo aerostático”: <https://bit.ly/2v2TvCp>

⁶ Ficha descriptiva del REA “Construcción de figuras geométricas”: <https://bit.ly/2UgGK1e>

⁷ Ficha descriptiva del REA “Aprendiendo ciencia a través del teatro”: <https://bit.ly/2X3JlrN>

⁸ Ficha descriptiva del REA “¡Boom! – Una prueba de choque”: <https://bit.ly/2UeFBXY>

Los cuatro instrumentos, tanto los cuestionarios como la entrevista, están estructurados en torno a seis bloques que coinciden con las dimensiones de la investigación y que son los siguientes: datos sociodemográficos (país, edad, género...); importancia de las STEM; las STEM en el centro educativo (en relación con metodología, horario, recursos y espacios); profesorado y STEM (con cuestiones fundamentalmente referidas a la formación docente); alumnado y STEM (sobre el grado de motivación, participación y esfuerzo en las áreas STEM); y evaluación general, que incluye una pregunta abierta sobre los aspectos a mejorar en la enseñanza de STEM.

Los cuestionarios incluyen varios tipos de preguntas: preguntas cerradas politómicas (*Sí / No / No lo sé*); preguntas politómicas con escala de frecuencia (*Casi nunca / A veces / Casi siempre*); preguntas de respuesta cuantitativa en una escala de 1 a 5 en unas cuestiones y de 0 a 10 en otras, y preguntas abiertas.

El cuestionario del profesorado consta de 30 preguntas (28 cerradas y 2 abiertas), el del alumnado está formado por 15 preguntas (14 cerradas y 1 abierta), y el cuestionario de las familias incluye 20 cuestiones (19 cerradas y 1 abierta).

En cuanto a la entrevista diseñada para los directores, consta de diez preguntas. Las cinco primeras se refieren a información sociodemográfica (país, edad, género, años en el cargo directivo y formación específica para ocupar el puesto). A continuación, hay una pregunta para cada uno de los cinco bloques temáticos restantes, descritos anteriormente.

3.6.2. Instrumentos para la evaluación de la experiencia

De forma análoga a como se diseñaron los instrumentos de investigación en la fase de análisis de necesidades, para esta última fase de evaluación tras la implementación de la experiencia educativa se crearon tres cuestionarios para los participantes: alumnado (Anexo V), profesorado (Anexo VI) y familias (Anexo VII). Estos instrumentos también fueron validados mediante juicio de expertos y método *Delphi*, por parte de los investigadores de las instituciones europeas socias del proyecto CREATE-Skills.

El cuestionario del profesorado consta de 17 preguntas politómicas. Trece de las preguntas se refieren a diversos aspectos acerca de la actividad implementada, cuya respuesta se presenta en una escala *Likert* de frecuencia que va de 1 (*Nunca*) a 6 (*Siempre*). Las cuatro preguntas restantes hacen alusión a la organización de los documentos disponibles en la plataforma CREATE-Skills para llevar a cabo la actividad, con una escala de valoración que va de 1 (*Totalmente inapropiado*) a 6 (*Totalmente apropiado*). El cuestionario se cierra

con una pregunta acerca de si recomendarían la plataforma a otro docente, tanto con valoración cuantitativa (de 1 a 10) como con respuesta abierta para finalizar.

Por otro lado, el cuestionario diseñado para el alumnado incluye 21 preguntas politómicas, todas ellas con respuesta en escala *Likert* de frecuencia numérica de 1 (*Nunca*) a 6 (*Siempre*). Las preguntas formuladas hacen alusión a la actividad realizada y también al aprendizaje de las STEM en general.

Por último, el cuestionario aplicado a los familiares está compuesto por 19 preguntas. Las tres primeras son de tipo sociodemográfico (tenían que indicar su género y su nivel de estudios, así como el género de su hijo o hija) y el resto de las preguntas son politómicas, con una escala *Likert* de valoración que va de 1 (*Totalmente inapropiado*) a 5 (*Totalmente apropiado*). Estas preguntas se refieren a aspectos sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje de STEM en el centro educativo y acerca del uso de recursos y la realización de actividades prácticas en casa. La última cuestión alude expresamente al empleo de la plataforma CREATE-Skills por parte de los familiares.

En la Tabla 6 relacionamos los objetivos generales y específicos de la investigación con los participantes y los instrumentos de recogida de información empleados.

Tabla 6

Relación de objetivos, participantes e instrumentos

Fase	OG	Objetivos específicos	Participantes	Instrumentos de recogida de datos
2	OG1	OE1.1 OE1.3 OE1.4	141 estudiantes	Cuestionario inicial del alumnado
		OE1.1 OE1.2 OE1.4	67 docentes	Cuestionario inicial del profesorado
		OE1.1 OE1.4	40 familias	Cuestionario inicial de las familias
		OE1.1 OE1.4	7 directores	Entrevista para directores
4	OG2	OE2.1	117 estudiantes	Cuestionario final del alumnado
		OE2.2	5 docentes	Cuestionario final del profesorado
		OE2.3	55 familias	Cuestionario final de familias

3.7. PROCEDIMIENTO

Tal y como se ha señalado, esta investigación forma parte del proyecto CREATE-Skills, por lo que el procedimiento seguido para desarrollar la investigación ha estado guiado por los objetivos y los tiempos marcados por el proyecto.

Una vez realizado el análisis documental sobre la enseñanza de STEM por parte de los socios de los cuatro países participantes, se diseñaron los instrumentos de recogida de datos para llevar a cabo la detección de necesidades de los agentes implicados. Estos instrumentos de investigación fueron diseñados por los socios del proyecto y validados mediante juicio de expertos, como ya se ha explicado en el apartado anterior.

El contacto inicial con los centros educativos (excepto con el centro que forma parte del proyecto como socio) se realizó vía telefónica o por correo electrónico dirigido a los directores o las directoras. Previamente a la aplicación de los cuestionarios se procedió a la distribución de los consentimientos informados de los participantes y las autorizaciones de padres y madres para la participación de sus hijos e hijas, tal y como se detalla en el siguiente apartado dedicado a la ética de la investigación. Los tutores y las tutoras de los grupos de alumnos participantes de los diferentes colegios actuaron como intermediarios entre las familias y el investigador para la entrega y recogida de los consentimientos informados. Una vez recopiladas las autorizaciones firmadas, se pasaron los cuestionarios impresos a los estudiantes.

Con respecto al formato de aplicación de los cuestionarios del resto de participantes, en el caso de los docentes y las familias, se dio la opción de cumplimentarlo en papel impreso o a través de formulario en línea (formulario de Google). De los 67 docentes participantes en esta fase inicial, 37 respondieron con cuestionarios impresos y 30 lo hicieron a través del formulario en línea. En cuanto a los familiares, 39 de los 40 participantes respondieron con cuestionarios impresos.

Por otro lado, para realizar la entrevista a los directores, tras contactar con ellos y debido a su escasa disponibilidad horaria, se decidió enviarles el documento de la entrevista por correo electrónico. De los siete directores participantes, cinco respondieron directamente con el ordenador, mientras que los dos restantes prefirieron responder de forma manuscrita imprimiendo el documento.

Posteriormente, tal y como se describe en el siguiente apartado, se transcribieron y analizaron los datos recogidos haciendo uso del programa SPSS para obtener los resultados de este estudio descriptivo. Estos resultados se publicaron en dos artículos, ya mencionados en el apartado anterior.

Antes de la implementación de la experiencia educativa, se llevó a cabo un taller presencial de dos días de duración para la formación específica de las docentes que iban a participar en la intervención. Las maestras participantes diseñaron actividades que pasaron a formar

parte del catálogo de recursos de CREATE-Skills. En paralelo, se creó la plataforma web, donde se alojaron estos y otros REA.

Por otro lado, se organizó un evento al que acudieron familiares y docentes participantes en el proyecto. Además, se realizó un concurso para promover la colaboración de las familias mediante la realización de actividades prácticas sobre STEM en las casas con sus hijos e hijas.

La experiencia educativa se implementó en el colegio español asociado al proyecto. En cada una de las cinco clases participantes se realizó una actividad, seleccionada por la maestra del grupo correspondiente de entre los REA disponibles en el catálogo de la plataforma CREATE-Skills, teniendo en cuenta el currículo educativo, el curso y la edad del alumnado. Las actividades se desarrollaron teniendo como referencia las orientaciones metodológicas indicadas y siguiendo los pasos señalados en las fichas de cada REA (accesibles y descargables a través de la plataforma). Se recoge un ejemplo de ficha descriptiva de una actividad en el Anexo VIII.

Después de tres meses de trabajo con los agentes participantes, se procedió a la evaluación de la experiencia. Para ello, las maestras que implementaron la experiencia se encargaron de la aplicación de los cuestionarios finales impresos al alumnado, recogiendo previamente los consentimientos informados y las autorizaciones de las familias. Así mismo, las familias participantes respondieron a su correspondiente cuestionario en formato impreso. Por su parte, las cinco docentes cumplimentaron su propio cuestionario de evaluación (cuatro lo hicieron con cuestionarios impresos, mientras que la maestra restante lo hizo con ordenador en formato Word).

Finalmente, se procedió al análisis de datos y a la obtención de los resultados correspondientes a la implementación de la experiencia en las aulas. Estos resultados y conclusiones se publicaron posteriormente en dos artículos científicos (mencionados en el apartado 3.4., en la cuarta fase de la investigación).

3.8. ANÁLISIS DE DATOS

Para el tratamiento y el análisis de los datos arrojados por los instrumentos de investigación cuantitativos (es decir, los cuestionarios aplicados a los participantes tanto en la fase de detección de necesidades como en la fase evaluativa) se ha empleado el programa *IBM SPSS Statistics*. Con este programa se ha realizado el análisis descriptivo de cada variable (mayoritariamente categóricas), utilizando frecuencias y estadísticos descriptivos.

De cada ítem de los cuestionarios se ha extraído una tabla de frecuencias con el porcentaje, porcentaje válido y porcentaje acumulado. Los estadísticos descriptivos analizados son rango, mínimos y máximos, medias y desviación típica.

A su vez, se han comparado resultados de las respuestas en función de la edad, el género o el nivel de estudios de los participantes, para lo que se generaron tablas cruzadas que permiten filtrar dichos datos sociodemográficos. A estos datos se les ha aplicado la prueba *Chi-cuadrado* de Pearson para valorar el peso del azar en las divergencias dadas entre los parámetros calculados.

En concreto, para realizar el estudio descriptivo correspondiente al análisis de necesidades de los diferentes agentes acerca de la enseñanza de STEM desde una perspectiva de género, se han realizado asociaciones entre variables categóricas para establecer relaciones, siguiendo los pasos y criterios que se describen con detalle en uno de los artículos que forman parte del compendio de publicaciones de esta tesis (Arabit, Prendes y Serrano, 2021).

Por otro lado, para analizar los datos cualitativos de la entrevista de los directores y de las preguntas abiertas de los cuestionarios de profesorado, alumnado y familias, se utilizó *Microsoft Excel*. Para cada pregunta se creó una tabla que recoge la siguiente información: identificador del participante y del instrumento de investigación; respuesta literal del individuo, y categorías o etiquetas extraídas de la respuesta. Vemos un ejemplo en la Tabla 7.

Tabla 7

Tabla empleada para el análisis cualitativo

Identificador	Respuesta literal	Categorías
C-A27	<i>“Se podría usar la tecnología. Y no solo mandar deberes y estudiar. También se podría hacer actividades prácticas y que haya laboratorios”.</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de tecnologías - Metodología tradicional - Tareas para casa - Hacer actividades prácticas - Uso de laboratorio

Nota: El ejemplo recoge la respuesta de un alumno a la pregunta “¿Qué se podría mejorar en las clases de Ciencias y de Matemáticas?”

3.9. ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que este trabajo se enmarca en el proyecto europeo CREATE-Skills, del programa Erasmus+, el protocolo ético de esta investigación se ajusta a los requisitos marcados en esta materia por la Comisión Europea para los proyectos que financia.

La institución coordinadora del proyecto asumió el diseño y la aprobación del protocolo de ética de investigación por parte de la comisión correspondiente de cada socio del proyecto. El protocolo de ética de investigación fue aplicado en las ocho entidades socias de los cuatro países que participaron en el proyecto, entre las que se encuentran el GITE de la Universidad de Murcia, con el que ha colaborado el autor de esta tesis doctoral como alumno matriculado en el Programa de Doctorado en Tecnología Educativa de dicha universidad.

Entre los requisitos éticos, cumplidos en el desarrollo de esta investigación, se encuentran los siguientes:

- La facilitación de la información necesaria a todos los participantes (profesorado, directores, alumnado y familias) en la detección de necesidades y en la implementación y evaluación de la experiencia educativa.
- El uso anónimo de los datos recogidos a través de los instrumentos de investigación aplicados a los participantes, conforme a la Ley Orgánica de Protección de Datos.
- El consentimiento informado de los participantes y la autorización expresa de padre, madre o tutor legal para la participación voluntaria en la realización del cuestionario aplicado al alumnado menor de edad. El Anexo IX es un modelo de las autorizaciones empleadas.

4. COMPENDIO DE PUBLICACIONES

4.1. ARTÍCULO 1: “METODOLOGÍAS Y TECNOLOGÍAS PARA ENSEÑAR STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA: ANÁLISIS DE NECESIDADES”

4.2. ARTÍCULO 2: “LA ENSEÑANZA DE STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA DESDE UNA PERSPECTIVA DE GÉNERO”

4.3. ARTÍCULO 3: “USO DE TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA”

4.4. ARTÍCULO 4: “RECURSOS EDUCATIVOS ABIERTOS Y METODOLOGÍAS ACTIVAS PARA LA ENSEÑANZA DE STEM EN EDUCACIÓN PRIMARIA”

Nota: Esta versión del informe de tesis no incluye los artículos del compendio de publicaciones. En las páginas 29 a 32 están recogidos todos los datos de los artículos, incluyendo autoría, resumen y link de acceso.

5. RESUMEN DE RESULTADOS

5.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE NECESIDADES

5.1.1. Alumnado

5.1.2. Profesorado

5.1.3. Familias

5.1.4. Directores de centros

5.2. LA PLATAFORMA CREATE-SKILLS

5.3. RESULTADOS DE LA FASE DE EVALUACIÓN

5.3.1. Alumnado

5.3.2. Profesorado

5.3.2. Familias

5.1. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE NECESIDADES

A continuación, se resume lo más significativo de los resultados correspondientes a la fase de análisis de necesidades (fase 2, descrita en el apartado 3.4.), si bien los resultados completos y detallados se incluyen en los artículos que forman parte de esta tesis por compendio. Presentamos este resumen de resultados atendiendo a los diferentes agentes que participaron en esta fase de investigación descriptiva y exploratoria (descritos en el apartado 3.5.1.) a través la aplicación de los instrumentos correspondientes (descritos en el apartado 3.6.1.), es decir, los cuestionarios de alumnado, profesorado y familias, y las entrevistas a los directores de los centros educativos.

5.1.1. Alumnado

El alumnado participante reconoce de forma mayoritaria que las asignaturas STEM impartidas en el colegio (Matemáticas y Ciencias de la Naturaleza) son importantes para su vida. Además, dicen que el tiempo dedicado a estas áreas en el horario lectivo es suficiente y que comprenden las explicaciones de los docentes. Sin embargo, la mitad de los participantes asegura que en estas asignaturas no se trabaja de forma diferente que en otras materias.

Con respecto a los aspectos metodológicos (Tabla 8), la mayoría asegura que casi siempre se trabaja de forma individual en clase y más de la mitad dice que el método es el tradicional, es decir, la clase magistral por parte del docente y tareas para casa. En este sentido, una mayoría manifiesta que casi nunca realizan experimentos y menos de la mitad dice realizar ejercicios prácticos en clase.

Tabla 8

Porcentaje de empleo de distintas formas de trabajo en asignaturas STEM, según el alumnado

Forma de trabajo	Casi nunca	A veces	Casi siempre
Trabajo individual	1.4	23.6	75.0
Trabajo en grupo	31.2	58.0	10.8
Ejercicios prácticos en clase	23.7	31.1	45.2
El profesor explica en clase y manda deberes para hacer en casa	16.5	27.4	56.1
Experimentos	67.4	32.6	0

Fuente: Arabit, Prendes y Serrano (2021, p. 72).

En cuanto a los espacios y recursos empleados, como vemos en la Tabla 9, la mayoría del alumnado dice que casi nunca se hace uso de la sala de ordenadores o de la biblioteca del centro. Por otro lado, la mayoría dice que a veces se realizan excursiones o visitas educativas relacionadas con los contenidos STEM. Además, casi la totalidad asegura que casi nunca se trabaja en un laboratorio. También hay unanimidad cuando afirman que casi nunca utilizan tabletas y una gran mayoría dice que casi nunca se emplean ordenadores. Sin embargo, la pizarra digital se emplea casi siempre o a veces, según manifiestan los participantes.

Tabla 9

Porcentaje de recursos y espacios empleados en asignaturas STEM, según el alumnado

Recursos y espacios	Casi nunca	A veces	Casi siempre
Pizarra digital	16.6	30.9	52.5
Tabletas	97.2	1.4	1.4
Ordenadores portátiles	74.3	19.3	6.4
Sala de ordenadores	50.4	45.3	4.3
Laboratorio	97.1	2.1	0.8
Biblioteca	67.9	28.5	3.6
Visitas culturales	37.4	61.2	1.4
Excursiones	17.8	72.9	9.3

Fuente: Arabit, Prendes y Serrano (2021, p. 73).

Por otro lado, como vemos en la Tabla 10, solo la mitad del alumnado dice sentirse motivado con las asignaturas STEM, con cierta diferencia entre niños y niñas, mostrándose ellos sensiblemente más motivados. La mayoría de los escolares están satisfechos con su nivel de esfuerzo (un poco más las chicas) y su nivel de participación en estas materias.

Tabla 10

Porcentaje de satisfacción del alumnado con respecto a su motivación, esfuerzo y participación en asignaturas STEM

	Motivación			Esfuerzo			Participación		
	Sí	No	No lo sé	Sí	No	No lo sé	Sí	No	No lo sé
General	48.2	37.4	14.4	68.6	15.7	15.7	72.3	14.9	12.8
Femenino	44.4	36.1	19.4	74.3	13.5	12.1	72.9	14.8	12.1
Masculino	52.2	38.8	8.9	66.1	18.1	19.6	71.6	14.9	13.4

Fuente: Arabit, Prendes y Serrano (2021, p. 73).

Por último, en lo relativo al cuestionario aplicado a los estudiantes, cuando se les pregunta acerca de qué mejorarían en relación con la enseñanza de materias STEM, hacen referencia a aspectos como realizar experimentos, emplear nuevas tecnologías, usar espacios más variados, contar con mejores explicaciones de los contenidos, tener menos deberes para casa o realizar en clase más trabajos prácticos y en grupo.

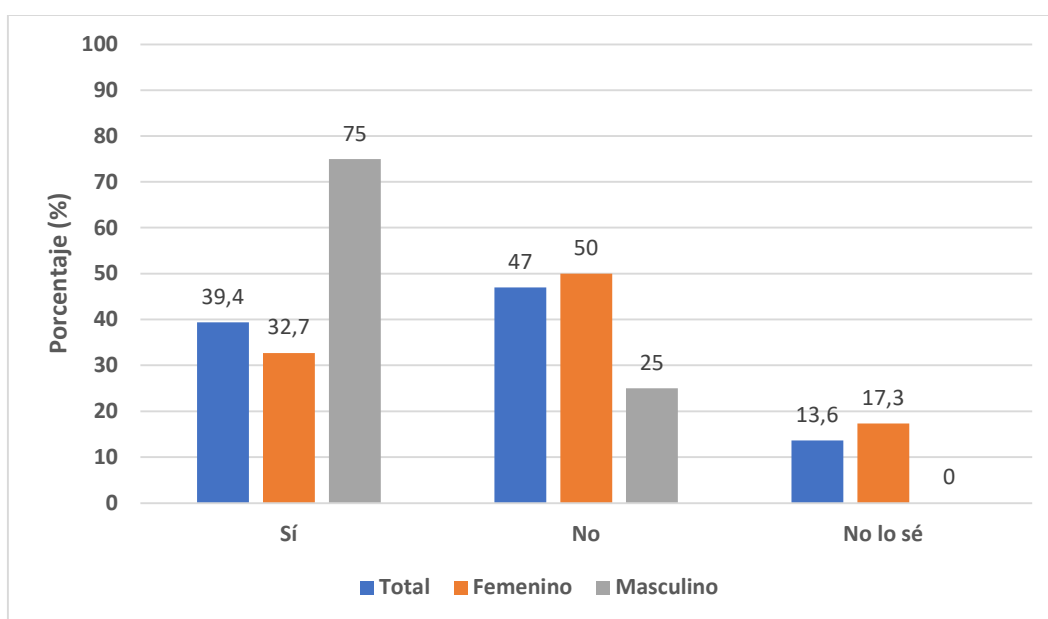
5.1.2. Profesorado

En cuanto al análisis de necesidades de los docentes, casi la totalidad de los participantes pone en valor la importancia de enseñar STEM en Educación Primaria y de que el alumnado aprenda a aplicar estos conocimientos en la vida diaria, así como la relevancia de estos saberes para el futuro de los estudiantes. La mayoría considera que no es suficiente el tiempo que se dedica en el horario lectivo a las asignaturas STEM.

En general, vemos respuestas muy diferenciadas dependiendo del género de los docentes participantes, con una visión más optimista por parte de los maestros que de las maestras. Por ejemplo, casi la mitad de los participantes cree que estas materias no se trabajan en las aulas de forma diferente a como se hace con otras. Sin embargo, como vemos en la Figura 13, la respuesta a esta cuestión difiere mucho según el género de los docentes: tres de cada cuatro maestros varones piensan que sí se trabaja de forma diferente, mientras que solo una de cada tres maestras opina de esta forma.

Figura 13

Respuestas del profesorado a la pregunta “¿Trabajas las asignaturas STEM de forma diferente?”



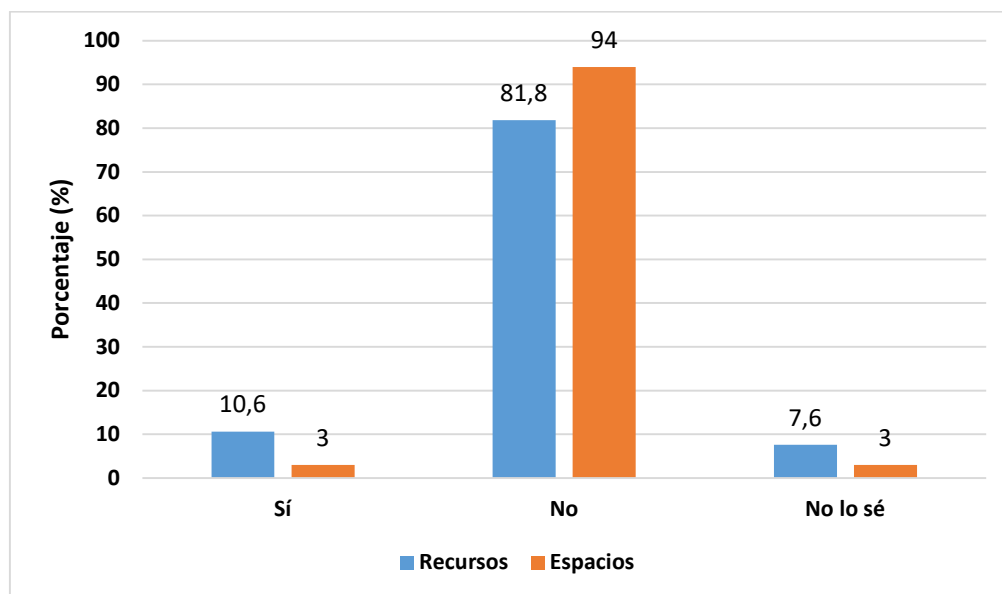
Fuente: Arabit, Prendes y Serrano (2021, p. 69).

En general, hay más docentes que piensan que la manera en que imparten los contenidos científicos no motiva al alumnado. Pero también aquí vemos diferencias notables según el género del profesorado: la mitad de los docentes varones piensa que sí, frente a solo una de cada cuatro maestras que piensa de este modo. De forma similar, a la mayoría de los participantes no le gusta cómo se enseñan las ciencias en Primaria, aunque de nuevo los maestros son más optimistas que las maestras en este aspecto (uno de cada tres hombres opina que sí se enseña STEM de forma adecuada).

Donde están de acuerdo de forma casi unánime, como vemos en la Figura 14, es al manifestar que no hay recursos ni espacios específicos suficientes en los colegios para la enseñanza de las áreas científicas.

Figura 14

Respuestas del profesorado a la pregunta “¿Cuentas con suficientes recursos y espacios para trabajar las STEM?”



Fuente: Arabit, Prendes y Serrano (2021, p. 69).

Por otro lado, aunque la mayoría de los participantes considera que no está suficientemente formado para trabajar los contenidos STEM en el aula de forma adecuada, si analizamos la respuesta según el género, la mitad de los maestros piensa que sí, mientras que un porcentaje muy bajo de maestras opina de ese modo. Sí coinciden, en cambio, al manifestar de forma muy mayoritaria que desearían recibir más formación para impartir mejor estas materias, sobre todo en relación con los recursos y las metodologías, aunque no tanto para mejorar la motivación del alumnado, aspecto que ellos no consideran tan necesario como ellas.

La mayor parte de los docentes piensa que sus estudiantes están motivados y se esfuerzan cuando trabajan las áreas STEM (casi la totalidad de los maestros cree que el alumnado se esfuerza lo suficiente, frente a la mitad de las maestras que opina de ese modo). También vemos diferencia de opinión según el género en lo referente a la satisfacción por el rendimiento académico de los estudiantes: casi todos los profesores varones piensan que el rendimiento es bueno, pero menos de la mitad de las profesoras lo cree así. Sin embargo, la mayoría de los participantes coincide en que no existen diferencias significativas en función del género del alumnado en lo referente al nivel de participación, motivación y rendimiento.

Del estudio correlacional llevado a cabo en este análisis de datos cabe destacar que el bajo nivel de satisfacción de los docentes por la forma en que se enseñan las STEM influye de forma negativa en la motivación del alumnado, con un grado de asociación moderadamente alto entre estos dos aspectos.

Por último, cuando se les pide a los docentes que den una respuesta abierta a la cuestión de qué se podría mejorar en la enseñanza de STEM para que el alumnado aprendiera los contenidos con mayor motivación, hacen alusión a aspectos como la necesidad de contar con más y mejores recursos (con especial hincapié en los tecnológicos), la importancia de mejorar la formación para enseñar ciencias, la relevancia de un cambio metodológico o la demanda de un mayor apoyo de las instituciones.

5.1.3. Familias

Con respecto al cuestionario aplicado a 40 familiares (padres y madres) de los estudiantes participantes para conocer sus perspectivas sobre la enseñanza de STEM, hay unanimidad en la creencia de que estas disciplinas científicas son importantes para la vida diaria y el futuro de sus hijos e hijas. La mayoría opina que el tiempo dedicado a estas materias en el horario lectivo es suficiente y que la metodología empleada por los docentes es adecuada, si bien son minoría los que piensan que existen diferencias metodológicas en cuanto a la enseñanza de otras áreas de conocimiento.

Casi la mitad de los familiares creen que el centro educativo cuenta con recursos suficientes, aunque uno de cada tres piensa que no. Sin embargo, una gran mayoría considera que no hay suficientes aulas especiales o laboratorios.

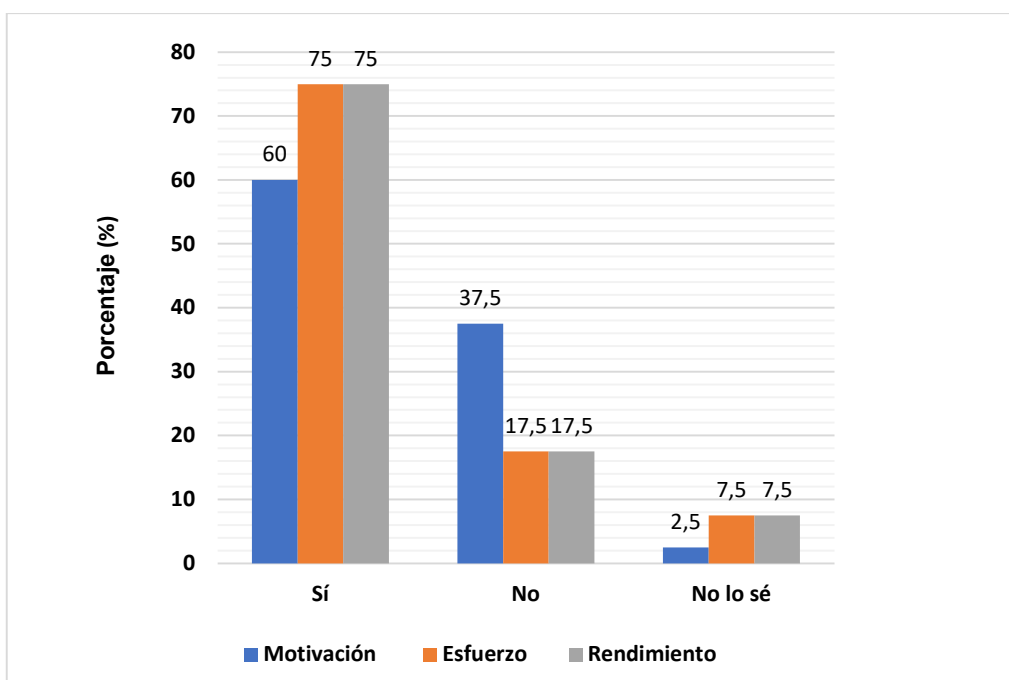
No hay una respuesta clara en lo referente al nivel de formación de los docentes para enseñar STEM de forma adecuada: coincide el porcentaje de familiares que piensan que

sí es suficiente y los que dicen no saberlo, si bien son minoría las familias que creen que la formación docente no es suficiente.

La mayoría de padres y madres participantes considera que los niveles de motivación, esfuerzo y rendimiento de sus hijos e hijas son buenos, aunque esa mayoría es más amplia en las respuestas sobre el esfuerzo y el rendimiento que en lo referido a la motivación, como vemos en la Figura 15. De las respuestas de los familiares se deduce que no perciben diferencias según el género de sus hijos e hijas en cuanto al grado de participación, motivación y rendimiento en las asignaturas STEM.

Figura 15

Respuestas de las familias a la pregunta “¿Es adecuado el nivel de motivación, esfuerzo y rendimiento de tus hijos/as en las STEM?”



Por último, se les pide una respuesta abierta acerca de la cuestión de qué podría cambiar para mejorar el aprendizaje de las STEM, a lo que refieren aspectos como un mayor enfoque práctico con más experimentación, disponer de más y mejores espacios, materiales y recursos específicos para trabajar estos contenidos, que se haga un mayor uso de tecnologías digitales, así como otras consideraciones pedagógicas que podrían relacionarse con las metodologías activas (aprendizaje basado en proyectos, trabajo cooperativo, gamificación o más innovación).

5.1.4. Directores de centros

Para finalizar, recogemos los principales resultados alcanzados tras el análisis de datos procedentes de la entrevista realizada a siete directores y directoras de centros educativos de enseñanza primaria.

Los entrevistados consideran que es importante que el alumnado comience su formación en disciplinas STEM en la etapa de Educación Primaria, por la aplicación de estos contenidos en la vida diaria, por actuar como base para otro tipo de conocimientos y por el desarrollo de la curiosidad. Uno de los directores piensa que la formación STEM debería iniciarse en la etapa de Educación Infantil.

La mayoría cree que el número de horas lectivas de STEM en Primaria no es suficiente. En general, los directores manifiestan que los recursos para la enseñanza de STEM son escasos y siempre dependientes de la financiación por parte de las instituciones de gobierno. Además, sostienen que los colegios no cuentan con suficientes espacios específicos que favorezcan las metodologías basadas en la manipulación, la resolución de problemas y la experimentación, si bien 5 de los 7 entrevistados piensan que este aspecto no solo depende de los recursos y espacios disponibles, sino también de la motivación del profesorado. De hecho, una idea que aparece de forma recurrente en las respuestas es la necesidad de emplear metodologías activas en las aulas para aumentar la motivación de los escolares.

Tres de los participantes no creen que existan diferencias según el género del alumnado en cuanto su nivel de motivación, esfuerzo o rendimiento académico en las áreas STEM, si bien dos directores sí perciben diferencias y piensan que los alumnos suelen mostrar más motivación que las alumnas.

Todos los directores ponen en valor la importancia de la formación continua de los docentes. En este sentido, solo dos participantes expresan que la formación de los maestros para impartir las asignaturas STEM es suficiente, mientras que cuatro directores refieren un posible déficit en la formación para enseñar estos contenidos.

Finalmente, los participantes señalan aspectos que podrían mejorar la enseñanza de STEM, como la necesidad de contar con más recursos para abordar estos contenidos con un enfoque más práctico o una mayor formación del profesorado, especialmente en lo referido a la competencia digital. Para terminar, en la Tabla 11 podemos ver las fortalezas y debilidades que destacan los entrevistados sobre la enseñanza de STEM en Primaria.

Tabla 11

Fortalezas y debilidades de la enseñanza de STEM en Primaria, según los directores

Fortalezas	Debilidades
Favorece el aprendizaje significativo	Deficiente formación del profesorado
Conexión de los contenidos con la vida cotidiana del alumno	Falta de recursos y materiales
Posibilidad de fomentar la motivación del alumnado	Falta de espacios específicos
Desarrollo de diferentes competencias en el alumnado	Falta de inversión por parte de la administración pública
Posibilidades para desarrollar experimentos	Metodología inadecuada
Posibilidades para realizar actividades prácticas	Falta de tiempo (horas y sesiones)

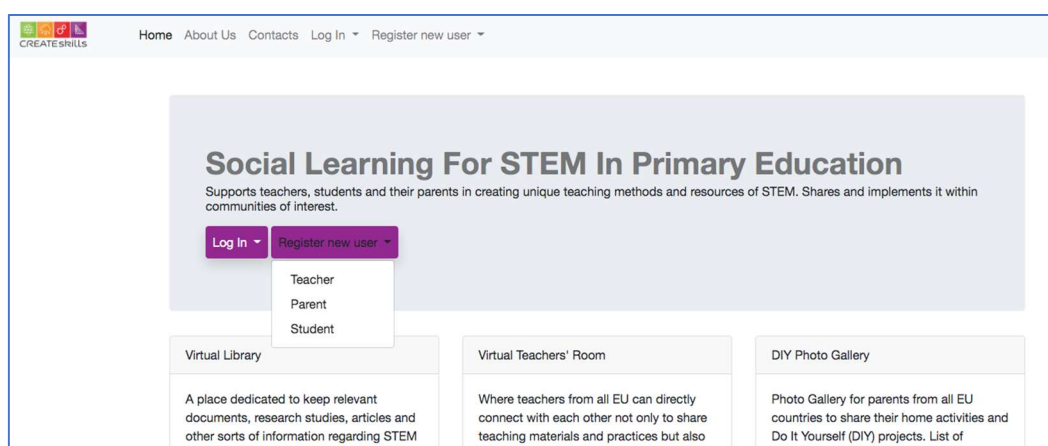
Fuente: Arabit (2020, p. 77).

5.2. LA PLATAFORMA CREATE-SKILLS

En el marco del proyecto CREATE-Skills se diseñó y desarrolló una plataforma, de acceso abierto, cuyo objetivo es favorecer el intercambio de recursos, materiales, actividades y experiencias para trabajar contenidos STEM con alumnado de enseñanza primaria, tanto en el centro educativo como en el hogar (Prendes y Arabit, 2021). Para acceder -ya sea con perfil de docente, de estudiante o como familiar- solo se requiere una dirección de correo electrónico (Figura 16).

Figura 16

Acceso a la plataforma CREATE-Skills



Fuente: <http://createskills.eu/>

La plataforma CREATE-Skills incluye tres secciones: una biblioteca virtual con recursos, artículos e investigaciones sobre enseñanza de STEM, donde los docentes interesados pueden descargar y subir documentos; una sala de profesores virtual con mensajería privada y foro de debate para facilitar el intercambio de experiencias STEM; y una galería donde las familias de los escolares pueden compartir fotos y descripciones de sencillas experiencias STEM que no requieran equipamiento científico especial, con la principal finalidad de promover la colaboración familia-escuela y el aprendizaje experimental también en el hogar.

Por otro lado, a través de la plataforma se puede acceder a un *kit* de actividades⁹ diseñadas por los socios del proyecto para trabajar diversos contenidos científicos en Primaria. Las actividades se basan en el uso de metodologías activas y de recursos que fomentan la experimentación: “unas destacan por el uso de la gamificación educativa; otras emplean recursos propios de la robótica; muchas de ellas se presentan como sencillos experimentos científicos, y hay actividades manipulativas que requieren la construcción de una estructura o producto final” (Arabit, García-Tudela y Prendes, 2021, p. 188).

Cada actividad cuenta con una ficha (se recoge un ejemplo en el Anexo VIII) en la que se especifica todo lo necesario para su realización en las aulas (objetivos, desarrollo y pasos a seguir, duración estimada, materiales necesarios, alumnado al que va dirigido, evaluación, etcétera).

Finalmente, la plataforma incluye una guía del profesor¹⁰ que recoge las indicaciones y orientaciones necesarias para la adecuada puesta en práctica de los recursos, los materiales y las actividades.

Esta guía incluye una serie de recomendaciones metodológicas que son coherentes con las necesidades, fortalezas y debilidades detectadas en el análisis realizado en la fase inicial del proyecto. Estas recomendaciones hacen alusión al empleo de metodologías activas (aprendizaje basado en proyectos, aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en la investigación y la experimentación, etc.), el uso de espacios y recursos alternativos para aprender STEM, el desarrollo del pensamiento crítico, la promoción del trabajo en equipo y colaborativo, la importancia de conectar con los intereses del alumnado para fomentar su motivación o la necesidad de basar los aprendizajes en contextos reales con un enfoque más práctico para promover un aprendizaje auténtico y significativo.

⁹ En <http://createskills.eu/stemtoolkit/?lang=es>

¹⁰ En <http://createskills.eu/wp-content/uploads/2019/05/GUÍA-DEL-PROFESOR-.pdf>

5.3. RESULTADOS DE LA FASE DE EVALUACIÓN

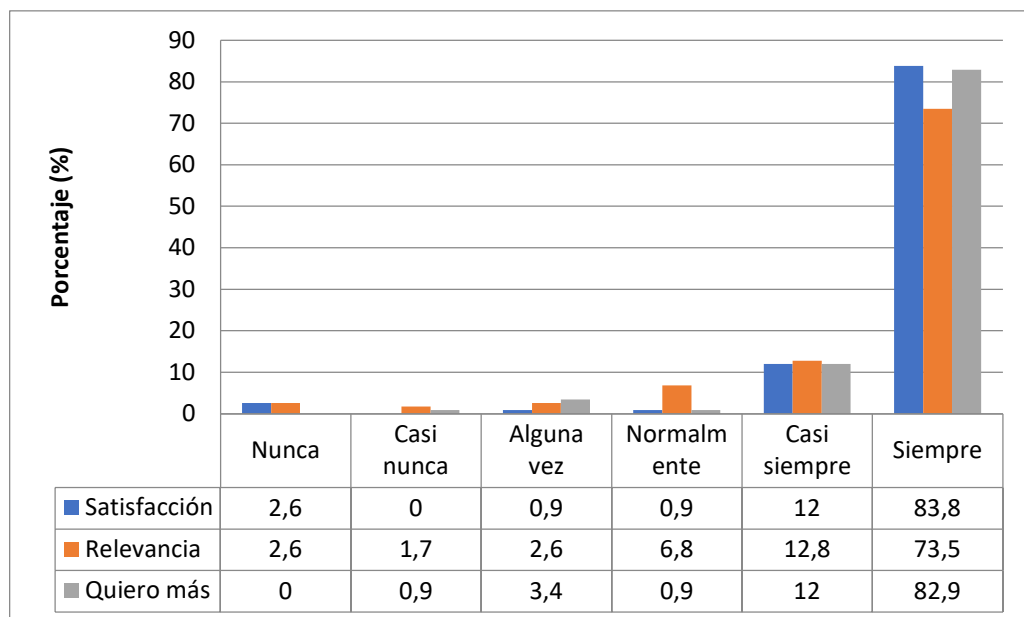
De forma análoga a como hemos realizado el resumen de resultados de la fase de detección de necesidades, presentamos ahora los resultados más significativos de la fase de evaluación (fase 4, descrita en el apartado 3.4.), en la que participaron -mediante aplicación de los cuestionarios correspondientes- estudiantes, docentes y familias del centro educativo donde se implementó la experiencia de innovación educativa del proyecto CREATE-Skills. Los datos de los participantes en esta fase evaluativa están en el apartado 3.5.2., mientras que la descripción de los instrumentos empleados se encuentra en el apartado 3.6.2.

5.3.1. Alumnado

La inmensa mayoría del alumnado participante se muestra satisfecho y valora muy positivamente las actividades y REA puestos en práctica durante la experiencia implementada en sus aulas, como vemos en la Figura 17. De forma casi unánime, responden que la actividad que trabajaron fue relevante y que querían aprender más sobre estos contenidos.

Figura 17

Respuestas del alumnado a las cuestiones “Estoy satisfecho con la actividad”, “La actividad fue relevante para mí” y “Quiero aprender más sobre este tema”



Fuente: Arabit et al. (2023, p. 97).

Tres de cada cuatro participantes manifiestan haber disfrutado durante el desarrollo de la actividad y que les pareció divertida y creativa. En una proporción similar, afirman que prestaron atención y consideran que les fue bien en su cometido. De hecho, nueve de cada diez estudiantes afirman haberse sentido, siempre o casi siempre, bastante competentes.

Solo la mitad del alumnado reconoce haber estado muy relajado o no haberse sentido nunca nervioso realizando la actividad, aunque son mayoría los que aseguran que nunca se sintieron presionados. Pese a que la mitad de los participantes manifiesta que siempre tuvo opción de participar, uno de cada tres asegura que nunca la tuvo. Sin embargo, una gran mayoría afirma que siempre pudo expresar su punto de vista.

Por último, cabe destacar que casi la totalidad de los estudiantes dice que es interesante aprender STEM y consideran que tienen capacidad para adquirir conocimientos y habilidades propios de estas disciplinas científicas.

5.3.2. Profesorado

En cuanto a la evaluación de la experiencia por parte de las cinco docentes que la implementaron en sus aulas, todas ellas valoran muy positivamente la variedad y la calidad de las actividades y REA llevados a la práctica. Aseguran que siempre o casi siempre fue adecuada la claridad de las instrucciones facilitadas y puntúan de forma positiva la calidad de los documentos disponibles en la plataforma CREATE-Skills para emplear estos recursos en las aulas.

Por otro lado, también coinciden al señalar que siempre o casi siempre fueron relevantes e interesantes los temas tratados y que los REA puestos en práctica promovieron en el alumnado participante habilidades como la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas.

Las docentes también están de acuerdo en que la actividad logró los objetivos propuestos y en que se cumplieron las expectativas. Así mismo, coinciden en que la actividad les pareció original y en que posibilitó la adquisición de nuevos conocimientos para el alumnado mediante experiencias novedosas. Además, consideran que la actividad fue fácil de entender para los estudiantes y que los enfoques metodológicos propuestos para la enseñanza fueron adecuados.

De forma unánime, las profesoras valoraron de forma muy positiva la participación, la implicación y la motivación del alumnado durante la realización de las actividades. Por todo

ello, las maestras participantes aseguran que recomendarían la plataforma CREATE-Skills a otros docentes.

Por último, dado que respondieron de forma positiva a la anterior cuestión, se les pidió que justificaran por qué razones recomendarían estos recursos. Entre los aspectos señalados, las docentes destacan que estas actividades promueven la participación y la motivación de los estudiantes porque les resultan interesantes y divertidas, favorecen el trabajo cooperativo, facilitan la atención a la diversidad del alumnado e impulsan “un aprendizaje significativo para los niños mediante una metodología activa, manipulativa y creativa” (Arabit et al., 2023, p. 99).

5.3.3. Familias

Finalmente, resumimos los principales resultados de la valoración de las familias de los estudiantes participantes tras la implementación de la experiencia. Tal y como se indicó en el apartado 3.6.2., respondieron al cuestionario un total de 55 padres y madres.

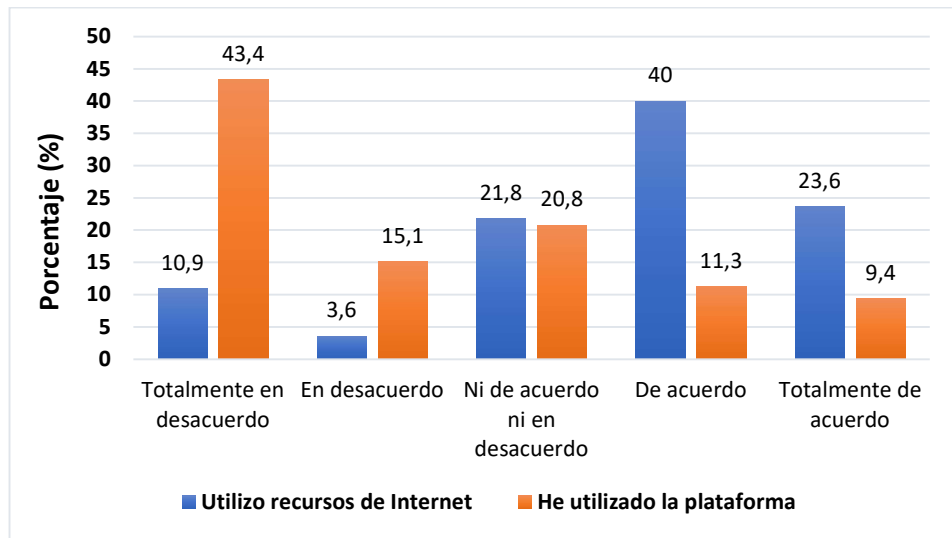
Tres de cada cuatro participantes piensan que el aprendizaje de STEM es necesario para desarrollar una economía competitiva y global, si bien solo uno de cada tres encuestados responde expresamente que le gustaría que su hijo o hija se dedicara profesionalmente al ámbito de las disciplinas STEM.

Son mayoría, algo más de la mitad, los que consideran que el colegio cuenta con recursos suficientes para la enseñanza de STEM. En una proporción similar, piensan que la enseñanza de estas disciplinas se debe centrar más en los contenidos que en favorecer otras habilidades como la resolución de problemas. Sin embargo, ocho de cada diez reconocen que el aprendizaje de STEM favorece que los estudiantes sean capaces de resolver problemas de su vida diaria. También coinciden en que estas materias científicas mejoran la motivación y la capacidad de trabajo colaborativo de los escolares.

La mitad de los familiares asegura que realiza experimentos y actividades STEM en casa con sus hijos e hijas y que disponen de materiales para realizar este tipo de actividades científicas prácticas en el hogar. Además, como vemos en la Figura 18, la mayoría afirma que emplea recursos online para realizar actividades STEM en el hogar con los menores. Sin embargo, son minoría los que dicen haber utilizado la plataforma CREATE-Skills.

Figura 18

Respuestas de las familias a las cuestiones “Utilizo recursos de Internet para hacer actividades STEM con mi hijo/a” y “He utilizado la plataforma CREATE-Skills”



Fuente: Arabit et al. (2023, p. 100).

6. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

6.1. DISCUSIÓN

6.2. CONCLUSIONES

6.3. LIMITACIONES

6.4. CONTRIBUCIONES Y LÍNEAS DE FUTURO

6.1. DISCUSIÓN

Los participantes en nuestra investigación (estudiantes, docentes, directores y familias) reconocen la importancia de las STEM para la vida diaria y el futuro de las personas, dato que coincide con otros estudios citados en nuestro marco teórico (English, 2017; Murphy et al., 2018; Mustafa et al., 2016; Sanmartí y Márquez, 2017), los cuales remarcan el creciente interés a nivel internacional por las STEM en el plano político, económico y educativo.

Por otro lado, a pesar de que la investigación y la legislación educativa vigente en España recomiendan que las competencias STEM y digital se trabajen de forma transversal e integradas en todas las áreas, de nuestro trabajo se deduce un uso muy puntual y aislado de las nuevas tecnologías en las materias STEM y un déficit en la competencia digital docente para el empleo adecuado de estos recursos. Es algo que contrasta con numerosos estudios que apuntan a la necesidad de un desarrollo adecuado de la CDD para una efectiva selección e integración de estas tecnologías en la enseñanza (Gisbert et al., 2016; Mishra y Koehler, 2008; Prendes et al., 2018; Valverde, 2015).

Otro aspecto destacable del marco teórico en relación con los resultados de nuestro estudio es el referido a las puntuaciones de los estudiantes de España en Ciencias y Matemáticas en los últimos informes PISA y TIMSS, por debajo de la media de la UE y de la OCDE (INEE, 2019, 2020), lo que se contradice con la visión de los participantes implicados en esta investigación, donde la mayoría considera que el rendimiento en las asignaturas STEM es bueno.

Thibaut et al. (2018) señalan que la formación del profesorado influye de forma notable en la manera en que se produce la enseñanza científica. Dawne (2016) alude a la percepción, el conocimiento y la comprensión de los contenidos STEM por parte del profesorado como aspectos condicionantes de la eficacia de la enseñanza de estas materias. Kurup et al. (2019) remarcan la necesidad de reforzar la formación de los docentes de STEM para impartir estas áreas desde un punto de vista integrador que permita desarrollar en el alumnado las competencias del siglo XXI (como la creatividad, el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo o la competencia digital). De forma similar, Shernoff et al. (2017) encontraron que los docentes participantes en su estudio realizado en el contexto de enseñanza primaria estadounidense estaban interesados en implementar métodos de enseñanza integradores en las áreas científicas, pero no creían tener la suficiente formación para hacerlo de forma apropiada.

Las conclusiones de los anteriores autores coinciden con lo encontrado en la presente investigación, donde se constata que la mayor parte del profesorado participante trabaja las materias STEM de manera similar a como lo hace en otras áreas (Arabit y Prendes, 2020). La mayoría de los estudiantes participantes corrobora este hecho y menos de la mitad declara estar motivado en las clases de las áreas STEM. Además, la mayor parte de los profesores participantes reconoce que no está lo suficientemente formado para enseñar STEM de forma eficiente, si bien la gran mayoría manifiesta que le gustaría recibir formación específica para mejorar su actuación docente en estas materias y para motivar más al alumnado.

Son muchas las investigaciones que constatan la necesidad de desplegar estrategias metodológicas específicas para la enseñanza de STEM y que coinciden también al señalar que los propios docentes reconocen que sería deseable alcanzar una mejor formación para ello (Barrera, 2015; Borges et al., 2018; García-Valcárcel y González, 2011; Göktepe y Şükrü, 2015; Kurup et al., 2019; Ortiz-Revilla y Greca, 2017; Sanmartí y Márquez, 2017).

Otros aspectos que repercuten en la enseñanza de las STEM son los recursos y los espacios específicos empleados, los cuales juegan un papel destacado para llevar a cabo el proceso mediante metodologías activas. Tanto la tendencia actual en investigación educativa como el currículo oficial de Educación Primaria en España subrayan la importancia de fomentar la experimentación en las clases de STEM y de integrar el uso de las tecnologías en las aulas (Barrera, 2015; Cabero, 2014; García-Valcárcel y González, 2011; Prendes et al., 2018; Roblizo y Cózar, 2015).

Sin embargo, estas consideraciones no parecen reflejarse en la realidad de los colegios que formaron parte de nuestro estudio de detección de necesidades (Arabit y Prendes, 2020), ya que los agentes participantes manifiestan que en pocas ocasiones se hace uso de las TIC y que casi nunca realizan experimentos. A este respecto, los profesores participantes en nuestro estudio reclaman a las administraciones educativas una mayor dotación de recursos y habilitación de espacios adecuados y específicos para poder enseñar STEM de forma más práctica y experimental, mientras que los estudiantes demandan un mayor uso de herramientas tecnológicas y la realización de experimentos.

En cuanto a la brecha de género en STEM, tanto la investigación científica como las instituciones constatan que se da una menor presencia de la mujer en las dedicaciones vinculadas con las STEM (Blazev et al., 2017; Raabe et al., 2019; Reinking y Martin, 2018; Valle et al., 2016). Reinking y Martin (2018) encuentran que esta brecha comienza a

hacerse presente entre los 8 y 10 años de edad, es decir, durante la enseñanza primaria, etapa educativa que es objeto de estudio de esta investigación.

Pero no solo afecta la forma en que se aborde la enseñanza en la posterior brecha de género en los ámbitos profesionales STEM, sino que hay que considerar otros factores como la influencia del contexto socioeconómico de las familias (Baptista de Oliveira et al., 2019; Morales y Morales, 2020; Sáinz, 2020; Sáinz y Müller, 2017; Xie et al., 2015). Por lo tanto, las propuestas de intervención para la enseñanza de STEM deben tener en cuenta la perspectiva de género (Arabit, Prendes y Serrano, 2021) y se han de desarrollar contando con la colaboración y la implicación de las familias (Arabit et al., 2023).

En lo referido al empleo de las tecnologías avanzadas en la enseñanza, en nuestra revisión documental (Arabit, García-Tudela y Prendes, 2021) se encontró que hay una profusa producción investigadora centrada en la educación superior, pero un déficit de trabajos dedicados a la integración de estas tecnologías en la etapa de Primaria. Se da esta circunstancia pese a que son muchos los autores que inciden en la necesidad de integrar las tecnologías emergentes en Educación Primaria para mejorar la adquisición de conocimientos (Campos y Torres, 2017; Córdoba y Ospina, 2019; Hurtado y Santamaría, 2019; Mera et al., 2019; Schacter y Jo, 2017; Turan y Aydoğdu, 2020; Ye et al., 2018) y para favorecer la motivación de los estudiantes (Aranda et al., 2019; Demitriadou et al., 2020; García-Holgado et al., 2020; Marín y Muñoz, 2018; Pareto, 2014; Rivero y Suárez, 2017).

El empleo de las tecnologías avanzadas no solo incide en la motivación del alumnado, sino que ha mostrado su potencial para desarrollar capacidades vinculadas con las competencias STEM a las que se ha aludido en este informe, como la resolución de problemas (Alsina y Salgado, 2021; Casado y Checa, 2020), el pensamiento crítico y creativo (Casado y Checa, 2020), la autonomía (Marín et al., 2016; Marín y Muñoz, 2018) y la competencia digital (Prendes y Cerdán, 2021).

Sobre la intervención educativa implementada con motivo de esta investigación, cabe fijar la atención en dos aspectos principales: el empleo de metodologías activas y el uso de REA para la enseñanza de STEM. En el capítulo de fundamentación teórica se han citado estudios que subrayan los beneficios que implican los métodos activos y el uso adecuado de los recursos digitales en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Aparicio-Gómez y Ostos-Ortiz, 2021; Sanmartí y Márquez, 2017; Thibaut et al., 2018). Algunos de estos beneficios están relacionados con el trabajo colaborativo, la motivación

y el desempeño en estas áreas (Murphy et al., 2018; Mustafa et al., 2016; Sanmartí y Márquez, 2017).

En la intervención educativa que se realizó en el marco del proyecto CREATE-Skills se puso el acento en favorecer aprendizajes en contextos reales y significativos, relacionados con la vida de los estudiantes, para aumentar su motivación, su interés y su participación. Este planteamiento coincide con lo expuesto en la investigación de Hackling (2015) y con los recién señalados beneficios de las metodologías activas. Sin embargo, en la evaluación de la experiencia se pone de manifiesto que hay que incidir en la participación del alumnado, ya que muchos de los escolares indicaron que, si bien pudieron expresar su punto de vista durante el desarrollo de las actividades, no tuvieron una participación realmente activa (Arabit et al., 2023).

Por último, cabe destacar que el diseño de los recursos de la plataforma CREATE-Skills se ajusta tanto a la conceptualización de los REA que hacen Butcher et al. (2015), como a otras consideraciones sobre el formato y la accesibilidad (Area, 2017) y acerca de la calidad pedagógica de estos recursos (Hassler et al., 2014). Efectivamente, en la experiencia evaluada en esta investigación, los participantes valoran de forma muy positiva los REA empleados en lo relativo a la creatividad, la originalidad, la presentación, la claridad y la relevancia de las actividades y los contenidos trabajados. Además, los REA fueron diseñados por los propios docentes con la colaboración y asesoramiento de los investigadores de las instituciones socias del proyecto. En este punto, es preciso insistir en la importancia de la competencia digital docente para diseñar y adaptar estos recursos y para potenciar las posibilidades pedagógicas de las tecnologías y de los REA (Peirats et al., 2015; Prendes et al., 2010; Roblizo y Cózar, 2015).

6.2. CONCLUSIONES

A continuación, se recogen las principales conclusiones obtenidas en relación con cada uno de los objetivos específicos vinculados con los objetivos generales de la investigación, comenzando por el primer objetivo general.

Objetivo general 1: “Conocer el contexto y las necesidades de la comunidad educativa de los centros de enseñanza Primaria participantes con respecto al proceso de enseñanza y aprendizaje de STEM”.
--

Con respecto al primer objetivo específico (“Analizar la perspectiva de profesorado, estudiantes, directores de centros educativos y familias del alumnado con respecto a la enseñanza y el aprendizaje de STEM”) se concluye que, pese a la importancia que otorga toda la comunidad educativa a las STEM, y por mucho que estas áreas tienen un importante componente práctico y experimental, se sigue usando una metodología tradicional, basada en clases expositivas y el seguimiento del libro de texto como recurso didáctico principal.

Así se deduce de la opinión de los estudiantes cuando reclaman poder realizar más experimentos y actividades prácticas, así como cuando afirman que se hace un uso escaso de espacios específicos como laboratorios y un empleo muy puntual de recursos tecnológicos en las clases de STEM, más allá de la pizarra digital como herramienta de presentación de contenidos y apoyo a las explicaciones. Las familias también aluden a una falta de espacios adecuados para la enseñanza de estas materias.

Estas conclusiones son coherentes con la visión de los propios docentes, que reconocen que no enseñan las STEM de forma diferente a como lo hacen en otras áreas. En este sentido, se detecta una insatisfacción en la mayoría de docentes en cuanto a la forma de enseñar los contenidos científicos que afecta negativamente a la motivación de los estudiantes.

La principal conclusión tras analizar los resultados extraídos de las entrevistas a los directores de los colegios es que condicionan la mejora de la enseñanza y del aprendizaje de las STEM con la formación específica del profesorado y con una mayor inversión en recursos y en habilitación de espacios por parte de las administraciones educativas para trabajar las ciencias de forma experimental.

En cuanto a la dotación de recursos, habrá que poner el foco también en los recursos humanos como elemento clave para potenciar una enseñanza más individualizada mediante la reducción de la ratio de estudiantes en las clases de los colegios, ya que, al margen de los recursos materiales y tecnológicos con los que se cuente, no parece viable implementar de forma generalizada actividades experimentales en aulas masificadas más allá de experiencias puntuales.

En cuanto al segundo objetivo específico (“Analizar la percepción y las necesidades del profesorado de Primaria en relación con su formación y acerca de las metodologías, las tecnologías y los recursos empleados en la enseñanza de STEM”) podemos concluir que el profesorado ve como principal impedimento la falta de recursos, de herramientas TIC y de espacios para llevar a cabo una enseñanza más práctica y motivadora. No obstante,

también son críticos con su papel docente, puesto que aluden a una falta de preparación para enseñar estas áreas con estrategias metodológicas más innovadoras, si bien expresan su deseo de mejorar su formación en este sentido.

En relación con el tercer objetivo específico (“Analizar la opinión y las necesidades del alumnado de Primaria sobre las asignaturas STEM, así como su grado de motivación, esfuerzo y participación en dichas áreas”), se llega a la conclusión de que sería necesario cambiar el enfoque metodológico aplicado en la enseñanza de estas áreas en los colegios participantes en esta investigación para mejorar la motivación del alumnado, ya que menos de la mitad afirma estar motivado y la mayoría reclama un mayor uso de nuevas tecnologías y la realización de experimentos, como ya se ha comentado en relación con el primer objetivo específico.

Y para finalizar las conclusiones del primer objetivo general, en lo referido a su cuarto y último objetivo específico (“Analizar las posibles diferencias de género percibidas por profesorado, alumnado, familias y directores de centros de Primaria con respecto a la enseñanza y el aprendizaje de STEM”) cabe destacar que, pese a que en los resultados correspondientes a los instrumentos de investigación de alumnado, familias y directores no se encuentran diferencias realmente significativas, en lo referente a los docentes sí que hallamos divergencias notables. Se constata una visión más crítica por parte de las maestras que de los maestros en cuanto a las metodologías empleadas para enseñar STEM, a la propia formación para enseñar estas materias de forma eficiente o a su percepción sobre la influencia de estos aspectos en la motivación de los estudiantes. Los docentes varones que han participado en el estudio tienen una perspectiva más positiva acerca de estas cuestiones (aunque no necesariamente más realista).

Una vez expuestas las conclusiones relacionadas con el primer objetivo general, volvemos a citar el segundo objetivo general de la investigación para, a continuación, recoger las conclusiones a las que hemos llegado en relación con cada uno de sus objetivos específicos.

Objetivo general 2: “Evaluar una experiencia de innovación educativa en enseñanza de STEM implementada en un centro de Educación Primaria con empleo de metodologías activas y recursos digitales”.

Comenzando por el primero de los objetivos específicos (“Analizar la satisfacción del alumnado participante en la experiencia tras la realización de las actividades STEM”),

llegamos a la conclusión de que la experiencia influyó positivamente en la motivación y autoeficacia del alumnado, así como en su interés por las STEM. La gran mayoría de los participantes expresa su satisfacción tras la realización de las actividades, sin embargo, en futuras experiencias convendrá incidir en la participación del alumnado, ya que solo la mitad afirma expresamente que tuvo la oportunidad de participar (si bien, la gran mayoría asegura que pudo expresar su punto de vista).

Las conclusiones vinculadas con el segundo objetivo específico (“Analizar la percepción del profesorado sobre la experiencia implementada a partir de la propuesta de CREATE-Skills”) son, por un lado, una valoración muy positiva tanto de la intervención en sí como de los REA y documentos disponibles en la plataforma CREATE-Skills (en cuanto a su calidad, originalidad, relevancia y variedad). Y, por otro lado, se constata el cumplimiento de los objetivos, fundamentalmente en lo referido a las metodologías activas empleadas, las cuales han favorecido experiencias vivenciales en contextos auténticos, el trabajo en equipo, la reflexión y el pensamiento crítico, el aprendizaje significativo y la integración de los contenidos trabajados.

Finalmente, con respecto al tercer y último objetivo específico de la investigación (“Analizar la colaboración familia-escuela a partir de la satisfacción de las familias en relación con la experiencia implementada y con el aprendizaje de STEM por parte de sus hijos e hijas”), hemos concluido que es necesario impulsar la implicación de los padres y las madres en el proceso de aprendizaje de las STEM, poniendo a su disposición REA para que puedan reforzar este tipo de contenidos con sus hijos e hijas en casa de forma práctica y experimental, sobre la base de unas pautas y criterios de selección adecuados. Es preciso, en definitiva, promover la colaboración entre los centros educativos y las familias, caminando hacia una escuela más abierta a la sociedad.

6.3. LIMITACIONES

Entre las posibles limitaciones de este trabajo de investigación, podemos señalar aspectos relacionados con el tipo de revisión bibliográfica, la muestra de participantes, los instrumentos de investigación y otras consideraciones metodológicas.

En primer lugar, con respecto a la revisión bibliográfica desarrollada para la fundamentación teórica de la investigación, se trata de un análisis documental (*desk-research*), tal y como estaba previsto y planificado en la fase inicial del proyecto CREATE-Skills. Si bien se ha realizado una revisión documental sólida, amplia y representativa sobre el estado del arte de la enseñanza de STEM, evidentemente, una revisión sistemática

implicaría un marco teórico más formal y exhaustivo, mediante criterios de selección específicos y preestablecidos.

Por otro lado, en cuanto a los participantes, nos hubiera gustado contar con una muestra más amplia, pero en experiencias de innovación en las que se trabaja de forma intensa con el profesorado es complejo asumir más centros educativos y el grupo de investigadores del proyecto no tenía capacidad para ello. Pese a que se han alcanzado evidencias consistentes sobre la percepción de profesorado, alumnado y familias acerca de diversos aspectos relacionados con la enseñanza de STEM (recursos, tecnologías, espacios, metodologías, formación docente, etcétera), no se puede considerar que sea una muestra suficientemente amplia -ni tampoco representativa- que permita extrapolar los resultados para realizar inferencias al resto de la población ni realizar conclusiones generalizables sobre cómo se está produciendo la enseñanza de las áreas científicas en la Región de Murcia (y aún menos en España u otros contextos geográficos).

Con respecto a los instrumentos de recogida de datos empleados, para poder realizar una comparación desde una perspectiva de género entre los resultados de la fase de diseño descriptivo (análisis de necesidades) y de la fase evaluativa, hubiera sido deseable incluir en el apartado de datos sociométricos del cuestionario de alumnado un ítem donde los participantes pudieran indicar su sexo, tal y como se hizo en el caso de los cuestionarios de detección de necesidades. Se ha de tener en cuenta que entre los objetivos del proyecto CREATE-Skills no está el análisis de la enseñanza de STEM desde una perspectiva de género, sino que es un objetivo específico propio de esta investigación. También referido a los instrumentos de recogida de datos de la fase evaluativa, hubiera enriquecido esta investigación contar con más preguntas referidas al empleo de tecnologías avanzadas en la enseñanza de STEM.

Hubiera sido valioso, igualmente, profundizar en el método mixto de investigación con un mayor empleo de instrumentos cualitativos. El uso de entrevistas se limitó a un solo grupo de informantes (los directores de centros) en la fase de análisis de necesidades. Hubiera podido aportar datos de interés la realización de entrevistas al profesorado y a familias del alumnado de la experiencia de innovación. Sin embargo, esta opción se vio limitada por la intensa dedicación a las tareas derivadas del análisis de datos arrojados por los instrumentos cuantitativos y a la preparación de artículos para publicar los resultados correspondientes, por lo que la carga de trabajo asumida impidió afrontar recogidas de datos complementarias que hubieran completado y enriquecido nuestras conclusiones.

Otra limitación, como investigador, ha sido el no poder estar presente por incompatibilidad horaria y laboral en la implementación de la experiencia educativa para tomar notas sobre la intervención llevada a cabo por las cinco docentes participantes. Hubiera sido de interés poder utilizar protocolos de observación de aula o diarios de campo. La labor del investigador, en lo que se refiere a la experiencia de innovación de la fase 4, se ha circunscrito a la fase evaluativa mediante el análisis de datos arrojados por los cuestionarios, lo cual reduce la visión general y específica de la intervención, aunque por otro lado el rol de investigador “externo” pueda favorecer la objetividad en el análisis.

Por último, en cuanto a consideraciones metodológicas, ya hemos insistido en la idea de que la intervención educativa ha sido llevada a cabo en un colegio elegido por conveniencia (socio del proyecto), lo que no admite la generalización de sus datos. Sin embargo, hay que destacar que se obtienen conclusiones reseñables para el campo de estudio abordado y se ha de valorar la importancia de trabajos de este tipo para promover experiencias de innovación reales de enseñanza de STEM en las aulas, generando una cultura pedagógica en los colegios que le dé importancia a la evaluación y no solamente a la innovación o a las tecnologías digitales en sí mismas. La evaluación es muy necesaria para adquirir conciencia de lo hecho y de lo que se podría hacer mejor en el futuro, por lo que investigaciones como esta, en las que se aborda la colaboración con los centros y los docentes para llevar a cabo innovaciones educativas bajo el amparo de una investigación rigurosa, son muy importantes para afrontar los procesos de mejora en el marco de la digitalización de la escuela del siglo XXI.

6.4. CONTRIBUCIONES Y LÍNEAS DE FUTURO

Esta investigación ha contribuido a aportar conocimiento sobre el estado de la enseñanza científica en los centros educativos de enseñanza primaria, un tema de creciente interés debido a la relevancia que adquieren las competencias STEM en la actualidad. Y no solo se ha hecho mediante un estudio descriptivo, sino que se ha evaluado una experiencia de innovación en la enseñanza de STEM con metodologías activas y tecnologías. Esta experiencia puede servir de ejemplo de buenas prácticas para todos aquellos centros educativos que tengan a bien sumarse a un enfoque didáctico innovador, experimental y motivador.

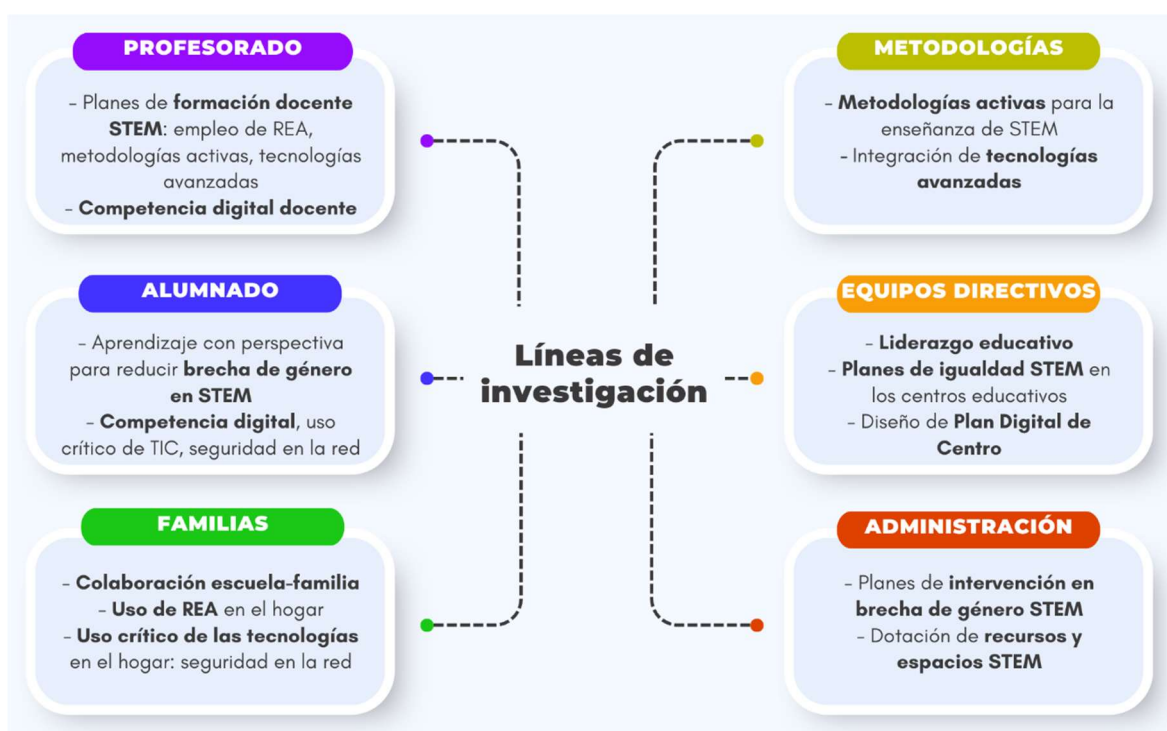
Además, el proyecto CREATE-Skills (en el que se encuadra esta investigación) aporta una plataforma web de acceso libre y la pone a disposición de la comunidad educativa, con un catálogo de REA basados en el empleo de métodos activos y TIC, una sala de profesores

virtual para favorecer la interacción entre maestros que impartan STEM y una galería de experimentos caseros para promover la colaboración de las familias en el proceso de aprendizaje científico de sus hijos e hijas.

Partiendo de los resultados obtenidos en esta tesis doctoral, se identifican varias líneas de investigación (Figura 19) en las que convendría poner el foco en los próximos años, como: la brecha de género en las STEM, la colaboración escuela-familia, el papel de los equipos directivos como líderes educativos, el uso de las tecnologías avanzadas para enseñar STEM, los recursos y espacios específicos para la enseñanza científica y la formación docente para enseñar STEM con estrategias innovadoras y mediante una integración adecuada de las tecnologías, prestando especial atención a la competencia digital docente.

Figura 19

Posibles líneas de futuro



A continuación, nos detendremos en las citadas líneas de investigación, conectando cada una de las ideas con resultados y conclusiones que se han obtenido en esta tesis.

En primer lugar, pese a que en nuestra investigación no se han hallado diferencias de género significativas en las opiniones y perspectivas del alumnado de Primaria en cuanto a su nivel de motivación y rendimiento en las áreas STEM (aunque sí una visión divergente de maestros y maestras en lo referido a su papel docente), hay que tener presente la realidad de la brecha de género existente en la presencia de las mujeres en las carreras y

las ocupaciones STEM. Sería interesante abordar este análisis en el futuro con una muestra mayor y más representativa que pueda aportarnos datos sobre en qué momento se detectan diferencias que luego conducen a que en los estudios de ingeniería o en profesiones científicas haya menos presencia femenina. Habrá que poner el foco tanto en los motivos como en las propuestas de intervención a nivel investigativo, educativo e institucional para dar respuesta a esta brecha de género y avanzar en la igualdad de oportunidades, con la implicación de toda la comunidad educativa.

Por otro lado, tal y como se deduce de nuestro estudio, es necesario profundizar en la colaboración escuela-familia. Las familias participantes en nuestra detección de necesidades demandan un mayor uso de tecnologías y de espacios específicos para la enseñanza de STEM, mientras que la mayoría de las familias del alumnado que participó en la posterior intervención educativa asegura que hace uso de recursos digitales para hacer actividades STEM con sus hijos e hijas en el hogar. Todo ello muestra el interés de las familias por el empleo educativo de las tecnologías y cómo las relacionan con una enseñanza adecuada de las disciplinas científicas. Estos datos podrían ser una buena base para abordar futuras investigaciones en las cuales se trabaje esa relación y se profundice en el uso que se está haciendo de los REA y de las plataformas en el ámbito familiar, partiendo de la imprescindible colaboración entre los centros de enseñanza y las familias para que ese uso sea adecuado, eficiente y basado en criterios pedagógicos. No en vano, la investigación educativa puede ayudar a dar pasos hacia una escuela más abierta a la sociedad, por ejemplo, impulsando experiencias colaborativas con las familias para mejorar los aprendizajes del alumnado tanto en el contexto escolar como en el hogar, en línea con lo propuesto con el proyecto CREATE-Skills y su plataforma para la enseñanza de las STEM.

Se propone también una aproximación de la investigación educativa a los equipos directivos de los colegios para conocer cómo están ejerciendo el liderazgo educativo en pleno cambio de paradigma por la irrupción de las tecnologías avanzadas y sus implicaciones en la educación en particular y en toda la sociedad en general. Los directores de los centros educativos que participaron en la fase de detección de necesidades de esta investigación reclaman de forma recurrente que el profesorado emplee metodologías activas para la enseñanza de STEM y alertan de un déficit de formación docente para aplicar estrategias metodológicas innovadoras y para integrar de forma adecuada las tecnologías emergentes. A la vista de estos datos, consideramos que existe una línea de investigación acerca del papel que se está desempeñando desde la dirección de los centros en cuanto a la coordinación pedagógica con el claustro, especialmente en lo

referido a la integración de las TIC en el aula y en el despliegue de metodologías centradas en el alumnado como constructor de su aprendizaje.

Otro objeto de interés, a la vista de los datos obtenidos en nuestro estudio, sería la indagación acerca de la disponibilidad de recursos y de espacios para la enseñanza de STEM en los centros educativos. Es relevante este punto ya que los docentes y los directores participantes en nuestra investigación aseguran que la dotación de recursos por parte de las administraciones educativas es insuficiente y que este déficit pone obstáculos a una enseñanza más práctica, experimental y motivadora de las STEM. Además, como se ha visto en los resultados, los estudiantes dicen que apenas hacen uso de recursos tecnológicos o de espacios como laboratorios en las áreas STEM, mientras que las familias consideran que no existen suficientes espacios específicos.

Es especialmente importante poner el foco en la aplicación de las tecnologías en Educación Primaria, etapa algo desconectada del universo digital por lo que se deduce de las investigaciones citadas en nuestro marco teórico. En este sentido, cabe destacar que tanto los docentes como los estudiantes participantes en nuestra experiencia de innovación se mostraron muy satisfechos con el empleo de los REA de la plataforma CREATE-Skills. Además, todos los agentes participantes en la fase de análisis de necesidades (alumnado, profesorado, familias y directores) coinciden al identificar un aspecto que mejoraría la enseñanza de STEM: un mayor uso de las tecnologías. En concreto, será relevante estudiar la evolución de las tecnologías avanzadas y la adecuada integración de la robótica educativa, el pensamiento computacional, la realidad extendida y la Inteligencia Artificial en la enseñanza de STEM en Primaria, etapa sobre la que existe una escasa producción investigadora en lo referido a este tipo de tecnologías. Así mismo, es necesario abordar la investigación sobre tecnologías emergentes desde una perspectiva ética, de manera que se incida en una visión objetiva y crítica sobre el uso que se está haciendo y se debe hacer de estas nuevas tecnologías en la enseñanza de STEM, tal y como se establece en la legislación educativa vigente, con alusiones recurrentes al uso seguro y crítico de las tecnologías.

Ya se ha hecho referencia en este apartado a la opinión que tienen los directores de los centros acerca de la formación docente para enseñar STEM. Los propios docentes admiten de forma mayoritaria en la fase inicial de nuestra investigación que no trabajan las disciplinas científicas de forma diferente a como lo hacen en otras materias, que no les gusta cómo se enseñan las STEM y que les gustaría recibir más formación para impartir estas áreas de forma más eficiente a nivel de empleo de recursos, de tecnologías y de metodologías. Por su parte, los estudiantes aseguran en nuestro análisis de necesidades

que apenas hacían uso de dispositivos y de sus respuestas se deduce que se empleaba una metodología tradicional en las clases de ciencias. Sin embargo, las docentes que implementaron posteriormente la experiencia de innovación educativa se sintieron muy satisfechas con el enfoque metodológico y afirmaron que recomendarían los REA llevados a la práctica, los cuales estaban basados en el uso de metodologías activas. Estos resultados nos llevan a la conclusión de que cabe ahondar en la línea de investigación referida al diseño de planes de formación docente que aborden la integración de las tecnologías avanzadas, el empleo de las metodologías activas y el uso y diseño de REA para enseñar las áreas científicas con la vista puesta en la mejora del rendimiento, la motivación y el interés del alumnado.

Además, se remarca la necesidad de conectar estos temas con investigaciones sobre competencia digital docente, poniendo el acento en el conocimiento pedagógico para el empleo adecuado y eficiente de las tecnologías a nivel didáctico con el objetivo de promover experiencias interactivas y motivadoras en la enseñanza de STEM. En este sentido, en próximas investigaciones sobre este tema podría ser interesante contar con la implicación de estudiantes de Grado en Educación Primaria, ya que serán los futuros responsables de la enseñanza de STEM en los colegios.

* * * * *

Howard Gardner (2006) sostiene que, durante siglos, los cambios significativos en el sistema educativo se han debido en gran medida a factores históricos. El surgimiento y el desarrollo de las tecnologías nos sitúan en uno de esos momentos históricos, probablemente en el más transformador en el campo de la Educación. Es algo que procuro tener siempre presente en mi trayectoria como docente e investigador. Podemos añadir, sin temor a equivocarnos, que la irrupción de las tecnologías avanzadas hará que el sistema educativo cambie más en los próximos años que en las últimas décadas. Los docentes han de estar preparados (hemos de estar preparados) para este cambio de paradigma y la investigación en Tecnología Educativa está llamada a desempeñar un papel relevante en este proceso. Sirva esta tesis doctoral como una modesta aportación a este desafío.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alsina, A. y Salgado, M. (2021). Introduciendo la Modelización Matemática Temprana en Educación Infantil: un marco para resolver problemas reales. *Modelling in Science Education and Learning*, 14(1), 33-56. <https://doi.org/10.4995/msel.2021.14024>
- Aparicio-Gómez, O. Y. y Ostos-Ortiz, O. L. (2021). Pedagogías emergentes en ambientes virtuales de aprendizaje. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 1(1), 11–36. <https://doi.org/10.51660/ripie.v1i1.25>
- Arabit-García, J. (2020). STEM en Educación Primaria: estudio descriptivo en la Región de Murcia. *Máster Interuniversitario en Tecnología Educativa*. <http://hdl.handle.net/10201/99051>
- Arabit-García J. y Prendes-Espinosa, M. P. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 57(1), 107-128. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>
- Arabit-García, J., García-Tudela, P. A. y Prendes-Espinosa, M. P. (2021). Uso de tecnologías avanzadas para la educación científica. *Revista Iberoamericana De Educación*, 87(1), 173-194. <https://doi.org/10.35362/rie8714591>
- Arabit-García, J., Prendes-Espinosa, M. P. y Serrano-Sánchez, J. L. (2021). La enseñanza de STEM en Educación Primaria desde una perspectiva de género. *Revista Fuentes*, 23(1), 64–76. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2021.v23.i1.12266>
- Arabit-García, J., Prendes-Espinosa, M. P. y Serrano-Sánchez, J. L. (2023). Recursos Educativos Abiertos y metodologías activas para la enseñanza de STEM en Educación Primaria. *Revista Latinoamericana De Tecnología Educativa - RELATEC*, 22(1), 89-106. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.22.1.89>
- Araka, E., Maina, E., Gitonga, R. y Oboko, R. (2020). Research trends in measurement and intervention tools for self-regulated learning for e-learning environments—systematic review (2008-2018). *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 15(6), 1-21. <https://doi.org/10.1186/s41039-020-00129-5>
- Aranda, M. C., Estrada, A. y Margalef, M. R. (2019). Idoneidad didáctica en Educación Infantil: matemáticas con robots Blue-Bot. *EDMETIC*, 8(2), 150-168. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v8i2.11589>
- Area, M. (2017). La metamorfosis digital del material didáctico tras el paréntesis Gutenberg. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC*, 16(2), 13-28. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.16.2.13>
- Asunción, S. (2019). Metodologías Activas: Herramientas para el empoderamiento docente. *Revista Docentes 2.0*, 7(1), 65-80. <https://doi.org/10.37843/rted.v7i1.27>

- Arteaga-Marín, M. I., Sánchez-Rodríguez, A., Olivares Carrillo, P. y Maurandi-López, A. (2022). Revisión sistemática y propuesta para la implementación de metodologías activas en la educación STEM. *EDUCATECONCIENCIA*, 30(36), 35–76. <https://doi.org/10.58299/edu.v30i36.533>
- Báez-Sánchez, N. (2022). Estrategias STEM aprendizaje basado en proyectos (PPL): una herramienta para docentes. *Revista Académica Institucional*, 3(2), 41–49. Recuperado a partir de <https://rai.usam.ac.cr/index.php/raiusam/article/view/48>
- Baptista de Oliveira, E. R., Unbehaum, S. y Gava, T. (2019). STEM education and gender: a contribution to discussions in Brazil. *Cadernos de Pesquisa*, 49(171), 130-159. <https://doi.org/10.1590/198053145644>
- Barrera, N. (2015). Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula. *Praxis y Saber*, 6(11). <https://doi.org/10.19053/22160159.3582>
- Barroso-Osuna, J. M. y Cabero-Almenara, J. (2013). La utilización del juicio de experto para la evaluación de TIC: el coeficiente de competencia experta. *Bordón. Revista de Pedagogía*, 65 (2), 25-38. <https://doi.org/10.13042/brp.2013.65202>
- Batistello, P. y Cybis-Pereira, A. T. (2019). El aprendizaje basado en competencias y metodologías activas: aplicando la gamificación. *Arquitectura y Urbanismo*, 40(2), 31–42. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376862224003>
- Bharti, N. y Leonard, M. (2021). A study of STEM usage and perceptions of OER at a large research university. *The International Journal of Open Educational Resources*, 4(1). <https://ijoe.scholasticahq.com/article/25022.pdf>
- Blazev, M., Karabegovic, M., Burusic, J. y Selimbegovic, L. (2017). Predicting gender-STEM stereotyped beliefs among boys and girls from prior school achievement and interest in STEM school subjects. *Social Psychology of Education*, 20(4), 831-847. <https://doi.org/10.1007/s11218-017-9397-7>
- Bogusevschi, D. y Muntean, G.M. (2020). Virtual Reality and Virtual Lab-Based Technology-Enhanced Learning in Primary School Physics. *Communications in computer and Information Science*, 1220, 467-478. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58459-7_22
- Borges, I. M., Pires, D. M. y Delgado-Iglesias, J. (2018). ¿Qué mejoras se han alcanzado respecto a la Educación Científica desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad-Ambiente en el nuevo Currículo Oficial de la LOMCE de 5º y 6º curso de Primaria en España? *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(1), 1-15. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1101
- Butcher, N., Kanwar, A. y Uvalic-Trumbic, S. (2015). *Guía básica de recursos educativos abiertos (REA)*. UNESCO Publishing. <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002329/232986s.pdf>

- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and engineering teacher*, 70(1), 30-35. <https://eric.ed.gov/?id=EJ898909>
- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. *NSTA press*. <https://static.nsta.org/pdfs/samples/PB337Xweb.pdf>
- Cabero, J. (2014). *Investigación aplicada a la Tecnología Educativa*. Madrid: Centro de Estudios Financieros CEF-UDIMA. <http://hdl.handle.net/20.500.12226/556>
- Cálciz, A. B. (2011). Metodologías activas y aprendizaje por descubrimiento. *Revista digital innovación y experiencias educativas*, 7(40), 1-11. https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista//pdf/Numero_40/ALE_JANDRA_BARO_1.pdf
- Campos, M. y Torres, A. A. (2017). Videojuegos en el aula de matemáticas. El puzzle *Hands of Time*. *Uno: revista de didáctica de las matemáticas*, 77, 65-70. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6072007>
- Casado, R. y Checa, M. (2020). Robótica y proyectos STEAM: desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Pixel-Bit*, 58, 51-69. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>
- Cedeño-Escobar, M. y Viguera-Moreno, J. (2020). Aula invertida una estrategia motivadora de enseñanza para estudiantes de educación general básica. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 6(3), 878-897. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1323>
- Cheryan, S., Ziegler, S. A., Montoya, A. K. y Jiang, L. (2016). Why Are Some STEM Fields More Gender Balanced Than Others? *Psychological Bulletin*, 143(1), 1–35. <http://dx.doi.org/10.1037/bul0000052>
- Córdoba-Castrillón, M. y Ospina-Moreno, J. (2019). Los videojuegos en el proceso de aprendizaje de los niños de preescolar. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 12(2), 113-138. <https://doi.org/10.15332/25005421.5010>
- Creswell, J. W. (1999). Mixed-method research: Introduction and application. In G. J. Cizek (Ed.), *Handbook of educational policy* (pp. 455-472). Academic press.
- Dapía, M., Escudero-Cid, R. y Vidal, M. (2019) ¿Tiene género la ciencia? Conocimientos y actitudes hacia la Ciencia en niñas y niños de Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 16(3), 3201. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i3.3302
- Dawne, B. (2016). The reality of STEM education, design and technology teachers' perceptions: a phenomenographic study. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 61-79. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9300-9>

- Demitriadou, E., Stavroulia, K.E. y Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, 25(1), 381-401. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
- Domènech-Casal, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM: componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 21(2), 29-42. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Emerling, C.R., Yang, S., Carter, R., Zhang, L. y Hunt, T. (2020). Using Amazon Alexa as an Instructional Tool during Remote Teaching. *Teaching Exceptional Children*, 53(2), 164-167. <https://doi.org/10.1177/0040059920964719>
- English, L. D. (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 5-24. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x>
- Fernández-March, A. (2006). Metodologías activas para la formación de competencias. *Educatio Siglo XXI*, 24, 35–56. <https://revistas.um.es/educatio/article/view/152>
- Ferrada, C. (2021). *Diseño e implementación de actividades STEM a partir del trabajo en robótica, con metodologías activas en 3º ciclo de educación primaria*. [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=303490>
- García-Carmona, A. (2020). STEAM, ¿Una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4 (2), 35-50. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>
- Galindo-Domínguez, H. (2019). Los videojuegos en el desarrollo multidisciplinar del currículo de Educación Primaria: el caso Minecraft. *Pixel-Bit*, 55, 57-73. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2019.i55.04>
- García-Fuentes, O., Raposo-Rivas, M. y Martínez-Figueira, M. (2023). El enfoque educativo STEAM: una revisión de la literatura. *Revista Complutense de Educación*, 34(1), 191-202. <https://doi.org/10.5209/rced.77261>
- García-Holgado, A., Verdugo-Castro, S., González, C., Sánchez-Gómez, M. C. y García-Peñalvo, F. J. (2020). European Proposals to Work in the Gender Gap in STEM: A Systematic Analysis. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*, 15(3), 215-224. <http://doi.org/10.1109/RITA.2020.3008138>
- García-Tudela, P. A. (2018). El profesor Layton, gamificación y tutoría entre iguales en clase de matemáticas. *Aula de innovación educativa*, 270, 48-52. <https://bit.ly/3wqPfuO>
- García-Tudela, P. A., Montiel-Ruiz, F. J. y Prendes-Espinosa, M. P. (2023). Herramientas digitales de apoyo para el desarrollo del método de aula invertida. En J. López-Belmonte, S. Pozo-Sánchez, J.A. Marín-Marín y A.J. Moreno-Guerrero (Eds.), *Invirtiendo la enseñanza Flipped Learning, de la teoría a la práctica* (pp. 55-76). Graó.

- García-Valcárcel, A. y González, A. D. (2011). Integración de las TIC en la práctica escolar y selección de recursos en dos áreas clave: Lengua y Matemáticas. En *La práctica educativa en la Sociedad de la Información: Innovación a través de la investigación* (pp. 129-144). Editorial Marfil.
- Gardner, H. (2006). How education changes: Considerations of history, science, and values. In *The Development and Education of the Mind* (pp. 213-225). Routledge.
- Gisbert, M., González, J. y Esteve, F. (2016). Competencia digital y competencia digital docente: una panorámica sobre el estado de la cuestión. *RIITE. Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, 0, 74-83. <https://doi.org/10.6018/riite2016/257631>
- Göktepe, S. y Şükrü, A. (2015). A content Analysis Study About Stem Education. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 15-23. <https://bit.ly/2ZolP0R>
- González, H. B. y Kuenzi, J. J. (2012). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer. *Congressional Research Service, Library of Congress*. <http://www.stemedcoalition.org/wp-content/uploads/2010/05/STEM-Education-Primer.pdf>
- González-Zamar, M. y Abad-Segura, E. (2020). El aula invertida: un desafío para la enseñanza universitaria. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 11(20), 75-91. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/view/27449>
- Hackling, M. W. (2015). Think Piece: Preparing today's children for the workplaces of tomorrow: The critical role of STEM education. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 23(3), 61-63. <https://ro.ecu.edu.au/ecuworkspost2013/6868/>
- Hassler, B., Hennessy, S., Knight, S. y Connolly, T. (2014). Developing an Open Resource Bank for Interactive Teaching of STEM: Perspectives of school teachers and teacher educators. *Journal of Interactive Media in Education*, 1-24. <http://hdl.handle.net/10453/115968>
- Hernández, M. y Collados, L. (marzo 2020). *La gamificación como metodología de innovación educativa* [comunicación]. V Congreso Internacional Virtual sobre la Educación en el Siglo XXI. Zinacantepec, Toluca, México. <https://www.eumed.net/actas/20/educacion/13-la-gamificacion-como-metodologia-de-innovacion-educativa.pdf>
- Herreid, C. F. y Schiller, N. A. (2013). Case studies and the flipped classroom. *Journal of College Science Teaching*, 42(5), 62-66. <https://www.jstor.org/stable/43631584>
- Herrera-Sierra, G. y Prendes-Espinosa, M. P. (2019). Implementación y análisis del método de aula invertida: un estudio de caso en Bachillerato. *Innoeduca. International journal of technology and educational innovation*, 5(1), 24-33. <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2019.v5i1.3091>
- Huber, E. y Werner, A. (2016). A review of the literature on flipping the STEM classroom: Preliminary findings. In S. Barker, S. Dawson, A. Pardo y C. Colvin (Eds.), *Show Me The Learning. Proceedings ASCILITE 2016 Adelaide* (pp. 267-274). https://opus.lib.uts.edu.au/bitstream/10453/74275/1/ascilite2016_huber_concisePUBLISHED.pdf

- Hurtado, A. y Santamaría, N. (2019). La robótica en la enseñanza de las ciencias en Primaria, una experiencia con *Bee-Bot*. *Creativity and Educational Innovation Review (CEIR)*, 3, 104-119. <https://doi.org/10.7203/CREATIVITY.3.15977>
- INEE (2019). PISA 2018. Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español. *Instituto Nacional de Evaluación Educativa*. https://sede.educacion.gob.es/publiventa/descarga.action?f_codigo_agc=20372
- INEE (2020). TIMSS 2019. Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias. Informe español. *Instituto Nacional de Evaluación Educativa*. https://sede.educacion.gob.es/publiventa/descarga.action?f_codigo_agc=21925
- Jimes, C., Evans Godwin, A., Fox, S., Karaglani, A. y Lobaito, N. (2021). STEM OER Accessibility Framework and Guidebook. *QUBES Educational Resources*. <https://doi.org/10.25334/ERXF-AH09>
- Julve-Tiestos, C. (2022). ¿Qué opina el profesorado de las disciplinas STEM sobre el aprendizaje por indagación? *REIDOCREA*, 11(58), 670-674. <http://doi.org/10.30827/Digibug.77651>
- Kanny, M. A., Sax, L. J. y Riggers-Pieh, T. A. (2014). Investigating Forty Years of STEM Research: How Explanations for the Gender Gap Have Evolved Over Time. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 20(2), 127-148. <https://doi.org/10.1615/JWomenMinorScienEng.2014007246>
- Kay, R. (2018). Examining individual differences in the use of STEM-based mobile apps. En L. Gómez, A. López e I- Candel (eds.), *EDULEARN18, 10th International Conference on Education and New Learning Technology* (pp. 2069-2076). IATED Academy. <http://doi.org/10.21125/edulearn.2018.0577>
- Keefe, B. (2010). The perception of STEM: Analysis, issues, and future directions. *Survey. Entertainment and Media Communication Institute*.
- Kelly, D. y Denson, C. (2017). STEM Teacher Efficacy in Flipped Classrooms. *Journal of STEM Education*, 18(4). <https://www.learntechlib.org/p/181984/>
- Kennedy, T. J. y Odell, M. R. (2023). STEM Education as a Meta-discipline. In B. Akpan, B. Cavas y T. Kennedy (Eds.), *Contemporary Issues in Science and Technology Education* (pp. 37-51). Cham: Springer Nature Switzerland. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-24259-5_4
- Kurup, P. M., Li, X., Powell, G. y Brown, M. (2019). Building future primary teachers' capacity in STEM: based on a platform of beliefs, understandings and intentions. *International Journal of STEM Education*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0164-5>
- Lane, D. (2021). *Machine Learning for Kids. A Project-based introduction to artificial intelligence*. No Starch Press.

- Lengua, C., Bernal, G., Flórez, W. y Velandia, M. (2020). Tecnologías emergentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje: hacia el desarrollo del pensamiento crítico. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 23(3), 83-98. <https://doi.org/10.6018/reifop.435611>
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2>
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial del Estado*. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2013/12/09/8>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. *Boletín Oficial del Estado*. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- López-Altamirano, D., López-Altamirano, D., Ojeda-Sánchez, E., Tunja-Castro, D., Paredes-Maroto, M., Sánchez-Aguaguña, N., Barroso-Barrera, M. y Gómez-Morales, M. (2022). Metodologías activas de enseñanza: Una mirada futurista al desarrollo pedagógico docente. *Polo del Conocimiento*, 7(2), 1419-1430. <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v7i2.3654>
- López-Rupérez, F., Expósito-Casas, E. y García-García, I. (2021). Educación científica y brecha de género en España en alumnos de 15 años: análisis secundarios de PISA 2015. *Revista complutense de educación*, 32(1), 1-14. <http://dx.doi.org/10.5209/rced.66090>
- Luelmo, M. J. (2018). Origen y desarrollo de las metodologías activas dentro del sistema educativo español. *Encuentro Journal*, 27, 4-21. <http://hdl.handle.net/10017/37586>
- Macancela-Coronel, G. F., García-Herrera, D. G., Erazo-Álvarez, C. A. y Erazo-Álvarez, J. C. (2020). Comprensión del aprendizaje interdisciplinar desde la educación STEM. *EPISTEME KOINONIA*, 3(1), 117-139. <http://doi.org/10.35381/e.k.v3i1.995>
- Macías-Espinales, A. V. (2017). *La Gamificación como estrategia para el desarrollo de la competencia matemática: plantear y resolver problemas* [Tesis doctoral, Universidad Casa Grande]. <http://dspace.casagrande.edu.ec:8080/handle/ucasagrande/1171>
- Marín, V. (2015). La gamificación educativa. Una alternativa para la enseñanza creativa. *Digital Education Review*, 27. <https://doi.org/10.1344/der.2015.27.%25p>
- Marín, V. y Muñoz, V. P. (2018). Trabajar el cuerpo humano con realidad aumentada en Educación Infantil. *Revista Tecnología, Ciencia y Educación*, 9, 148-158. <https://doi.org/10.51302/tce.2018.177>
- Marín, V., Muñoz, J. M. y Vega, E. M. (2016). La realidad aumentada como herramienta de aprendizaje en Educación Infantil. En R. Roig-Vila (Ed.), *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (pp. 833-841). Octaedro. <http://bit.ly/2rp24c5>

- Marquès-Graells, P. (2000). Impacto de las TIC en Educación: Funciones y Limitaciones. *Barcelona: UAB*. Retrieved March 16, 2006. <http://dewey.uab.es/pmarques/siyedu.htm>
- Mateos-Núñez, M. M. (2021). *Diseño y validación de metodologías didácticas aplicadas en el aula de Educación Primaria para mejorar el dominio cognitivo y emocional en la enseñanza/aprendizaje de competencias STEM* [Tesis doctoral, Universidad de Extremadura]. <http://hdl.handle.net/10662/13045>
- McMillan, J. H. y Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa, una introducción conceptual*. (5ª ed.). Pearson Educación. [https://des-for.infod.edu.ar/sitio/upload/McMillan J. H. Schumacher S. 2005. Investigacion educativa 5 ed..pdf](https://des-for.infod.edu.ar/sitio/upload/McMillan_J._H._Schumacher_S._2005._Investigacion_educativa_5_ed..pdf)
- Mera, C., Ruiz, G., Román, B., Aragón, E. y Navarro, J. I. (2019). Apps para el aprendizaje de las matemáticas en educación infantil. *Revista INFAD de Psicología*, 1, 121-132. <http://hdl.handle.net/10662/11017>
- Miller, T., MacLaren, K. y Xu, H. (2020). *Online learning: practices, perceptions and technology*. *Canadian Journal of Learning and Technology*, 46(1), 1-27. <https://doi.org/10.21432/cjlt27894>
- Mishra, P. y Koehler, M. J. (2008). Introducing technological pedagogical content knowledge. En *Annual meeting of the American Educational Research Association*, 1, 1-16. http://www.matt-koehler.com/publications/Mishra_Koehler_AERA_2008.pdf
- Monsalve-Lorente, L. y Aguasanta-Regalado, M. (2020). Nuevas ecologías del aprendizaje en el currículo: la era digital en la escuela. *Revista Latinoamericana De Tecnología Educativa - RELATEC*, 19(1), 139-154. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.19.1.139>
- Morales-Inga, S. y Morales-Tristán, O. (2020). ¿Por qué hay pocas mujeres científicas? Una revisión de literatura sobre la brecha de género en carreras STEM. *Revista Internacional de Investigación en Comunicación aDResearch ESIC*, 22, 118-133. <https://doi.org/10.7263/adresic-022-06>
- Morentin-Encina, J., Ballesteros, B. y Mateus, S. (2019). ¿Igualdad de oportunidades? Más que el mero acceso: narrativas de jóvenes con trayectorias de fracaso y abandono temprano de la educación en España y Portugal. *Revista Fuentes*, 21(2), 143-159. <http://dx.doi.org/10.12795/revistafuentes.2019.v21.i2.01>
- Moya, M. M., Carrasco, M. M., Jiménez, A., Ramón-Martín, A., Soler, C. y Vaello, M. T. (2016). El aprendizaje basado en juegos: experiencias docentes en la aplicación de la plataforma virtual Kahoot. En *XIV Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria*. Universidad de Alicante, 1241-1254. <http://hdl.handle.net/10045/59136>
- Muntaner-Guasp, J. J., Pinya-Medina, C. y Mut-Amengual, B. (2020). El impacto de las metodologías activas en los resultados académicos. *Profesorado, Revista De Currículum Y Formación Del Profesorado*, 24(1), 96–114. <http://doi.org/10.30827/profesorado.v24i1.8846>

- Murphy, S., MacDonald, A., Danaia, L. y Wang, C. (2019). An analysis of Australian STEM education strategies. *Policy Futures in Education*, 17(2), 122–139. <https://doi.org/10.1177/1478210318774190>
- Mustafa, N., Ismail, Z., Tasir, Z. y Said, M. N. (2016). A Meta-Analysis on Effective Strategies for Integrated STEM Education. *Advanced Science Letters*, 22(12), 4225-4229. <https://doi.org/10.1166/asl.2016.8111>
- OECD (2022). Education at a Glance 2022: OECD Indicators. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3197152b-en>
- Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/29/pdfs/BOE-A-2015-738.pdf>
- Ortiz-Revilla, J. y Greca, I. M. (2017). Propuesta de una programación didáctica de ciencias de la naturaleza en educación primaria a través de la indagación científica. *Enseñanza de las ciencias*, n.º Extra, 5341-5346. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/337699>.
- Osborne, J. y Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation. http://efepereth.wdfiles.com/local--files/science-education/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf
- Palacios, A., Pascual, V. y Moreno-Mediavilla, D. (2022). El papel de las nuevas tecnologías en la educación STEM. *Bordón, Revista de Pedagogía*, 74(4), 11-21. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.96550>
- Paños-Castro, J. (2017). Educación emprendedora y metodologías activas para su fomento. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20(3), 33–48. <https://doi.org/10.6018/reifop.20.3.272221>
- Pareto, L. (2014). A teachable agent game engaging Primary School children to learn arithmetic concepts and reasoning. *International Journal of artificial intelligence in education*, 24, 251-283. <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0018-8>
- Pasha-Zaidi, N. y Afari, E. (2015). Gender in STEM Education: an Exploratory Study of Student Perceptions of Math and Science Instructors in the United Arab Emirates. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(3), 1215-1231. <https://doi.org/10.1007/s10763-015-9656-z>
- Peinado-Rocamora, P., Prendes-Espinosa, M. P. y Sánchez-Vera, M. M. (2019). La Clase Invertida: revisión sistemática en el periodo 2010-2017. *Revista Docencia e Investigación*, (30), 94-118. <https://revista.uclm.es/index.php/rdi/article/view/1967>

- Peinado-Rocamora, P., Prendes-Espinosa, M. P. y Sánchez-Vera, M. M. (2019). Clase Invertida: un estudio de caso con alumnos de ESO con dificultades de aprendizaje. *EduTec, Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (70), 34-56. <https://doi.org/10.21556/edutec.2019.70.1419>
- Peirats-Chacón, J., Muñoz-Moreno, J. y San Martín Alonso, Ángel. (2015). Los imponderables de la tecnología educativa en la formación del profesorado. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa - RELATEC*, 14(3), 11-22. <https://doi.org/10.17398/1695-288X.14.3.11>
- Peralta-Lara, D. C. y Guamán Gómez, V. J. (2020). Metodologías activas para la enseñanza y aprendizaje de los estudios sociales. *Sociedad & Tecnología*, 3(2), 2–10. <https://doi.org/10.51247/st.v3i2.62>
- Pole, K. (2009). Diseño de metodologías mixtas. Una revisión de las estrategias para combinar metodologías cuantitativas y cualitativas. *Replones, revista arbitrada en ciencias sociales y humanidades*, 60. Tlaquepaque, Jalisco: ITESO. <http://hdl.handle.net/11117/252>
- Prendes-Espinosa, M. P. y Arabit-García, J. (2021). La enseñanza de STEM: el proyecto CREATE-Skills. En M. P. Prendes, I. M. Solano y M. M. Sánchez (Coords.), *Tecnologías y pedagogía para la enseñanza STEM* (pp. 25–39). Pirámide. <https://www.edicionespiramide.es/libro.php?id=6849091>
- Prendes-Espinosa, M. P., Castañeda-Quintero, L. y Gutiérrez-Portlán, I. (2010). Competencias para el uso de TIC de los futuros maestros. *Comunicar*, 35, 175-182. <https://doi.org/10.3916/C35-2010-03-11>
- Prendes-Espinosa, M. P. y Cerdán-Cartagena, F. (2021). Tecnologías avanzadas para afrontar el reto de la innovación educativa. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(1), 35-53. <http://dx.doi.org/10.5944/ried.24.1.28415>
- Prendes-Espinosa, M. P., Gutiérrez-Portlán, I. y Martínez-Sánchez, F. (2018). Competencia digital: una necesidad del profesorado universitario en el siglo XXI. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 18(56), 1-22. <http://dx.doi.org/10.6018/red/56/7>
- Raabe, I.J., Boda, Z. y Stadtfled, C. (2019). The Social Pipeline: How Friend Influence and Peer Exposure Widen the STEM Gender Gap. *Sociology of Education*, 20(10), 1-19. <https://doi.org/10.1177/0038040718824095>
- Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *Ministerio de Educación y Formación Profesional*. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157/con>
- Recio Mayorga, J., Gutiérrez-Esteban, P. y Suárez-Guerrero, C. (2021). Recursos educativos abiertos en comunidades virtuales docentes. *Apertura*, 13(1), 101-117. <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v13n1.1921>
- Recomendación del Consejo de la Unión Europea, de 22 de mayo de 2018, relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente (2018/C 189/01). *Diario Oficial de la Unión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0604%2801%29>

- Reinking, A. y Martin, B. (2018). The Gender Gap in STEM Fields: Theories, Movements, and Ideas to Engage Girls in STEM. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(2), 160-166. <https://doi.org/10.7821/naer.2018.7.271>
- Rey-Castillo, M. y Gómez-Zermeño, M. G. (2019). Tendencias en investigación sobre Learning Management Systems. *International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC)*, 6(2), 123-134. <http://uajournals.com/ojs/index.php/ijisebc/article/view/601>
- Rivero-Panaqué, C. y Suárez-Guerrero, C. (2017). Mobile learning y el aprendizaje de las matemáticas: el caso del proyecto MATI-TEC en el Perú. *Tendencias Pedagógicas*, 30, 37-52. <https://doi.org/10.15366/tp2017.30.002>
- Roblizo-Colmenero, M. J. y Cózar-Gutiérrez, R. (2015). Usos y competencias en TIC en los futuros maestros de Educación Infantil y Primaria: hacia una alfabetización tecnológica real para docentes. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 47, 23-39. <http://dx.doi.org/10.12795/pixelbit.2015.i47.02>
- Ros, G. y Rodríguez-Laguna, M. T. (2021). Influencia del aula invertida en la formación científica inicial de Maestros/as: beneficios en el proceso de enseñanza-aprendizaje, actitudes y expectativas hacia las ciencias. *Revista de Investigación Educativa*, 39(2), 463-482. <https://doi.org/10.6018/rie.434131>
- Sáinz, M. (2020). Brechas y sesgos de género en la elección de estudios STEM: ¿Por qué ocurren y cómo actuar para eliminarlas? *Colección Actualidad (Centro de Estudios Andaluces)*, 84, 1-22. <https://bit.ly/390fkWE>
- Sáinz, M. y Müller, J. (2017) Gender and family influences on Spanish students' aspirations and values in stem fields. *International Journal of Science Education*, 40(2), 188-203. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1405464>
- Sampedro, B. E., Muñoz, J. M. y Vega, E. (2017). El videojuego digital como mediador del aprendizaje en la etapa de Educación Infantil. *Educar*, 53(1), 89-107. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.850>
- Sánchez, C. (2021). Gamificación personalizada para fortalecer aprendizajes significativos de la asignatura matemática. *Interconectando Saberes*, 12(6), 29-37. <https://doi.org/10.25009/is.v0i12.2680>
- Sánchez-Vera, M. M. (2021). La robótica, la programación y el pensamiento computacional en la educación infantil. *Revista Infancia, Educación y Aprendizaje*, 7(1), 209-234. <https://doi.org/10.22370/ieya.2021.7.1.2343>
- Sánchez-Sánchez, T., Serrano-Sánchez, J. L. y Rojo-Acosta, F. (2020). Influencia de la robótica educativa en la motivación y el trabajo cooperativo en Educación Primaria: un estudio de caso. *Innoeduca: international journal of technology and educational innovation*, 6(2), 141-152. <https://doi.org/10.24310/innoeduca.2020.v6i2.6779>

- Sanders, M. E. (2009). Stem, stem education, stemmania. *Technology and engineering teacher*, 20-26. <http://hdl.handle.net/10919/51616>
- Sanmartí, N. y Márquez, C. (2017). Aprendizaje de las ciencias basado en proyectos: del contexto a la acción. *Ápice: revista de educación científica*, 1(1), 3-16. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2020>
- Sassler, S., Glass, J., Levitte, Y. y Michelmore, K.M. (2016). The missing women in STEM? Assessing gender differentials in the factors associated with transition to first jobs, *Social Science Research*, 63, 192-208. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssresearch.2016.09.014>
- Savinskaya, O.B. (2017). Gender Equality in Preschool STEM Programs as a Factor Determining Russia's Successful Technological Development. *Russian Education & Society*, 59(4), 206-216. <https://doi.org/10.1080/10609393.2017.1399758>
- Schacter, J. y Jo, B. (2017). Improving preschoolers' mathematics achievement with tablets: a randomized controlled trial. *Mathematics education research journal*, 29, 313-327. <https://doi.org/10.1007/s13394-017-0203-9>
- Shaughnessy, J. M. (2013). Mathematics in a STEM context. *Mathematics Teaching in the Middle school*, 18(6), 324. <https://doi.org/10.5951/mathteacmiddscho.18.6.0324>
- Shernoff, D., Sinha, S., Bressler, D.M. y Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(13), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0068-1>
- Thibaut, L. Knipprath, H., Dehaene, W. y Depaepe, F. (2018). The influence of teachers' attitudes and school context on instructional practices in integrated STEM education. *Teaching and Teacher Education*, 71, 190-205. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.12.014>
- Torras-Galán, A., Pastor, S. L. y Llach, M. C. (2021). El aprendizaje basado en proyectos en el ámbito STEM: Conceptualización por parte del profesorado. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 20(3). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8117896>
- Turan, S. y Aydoğdu, F. (2020). Effect of coding and robotic education on pre-school children's skills of scientific process. *Education and Information Technologies*, 25, 4353-4363. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10178-4>
- Underwood, J. (2017). Exploring AI Language Assistants with Primary EFL Students. In K. Borthwick, L. Bradley y S. Thouésny (Eds), *CALL in a climate of change: adapting to turbulent global conditions—short papers from EUROCALL 2017* (pp. 317-321). <http://doi.org/10.14705/rpnet.2017.eurocall2017.733>

- UNESCO (2002). *Forum on the impact of open courseware for higher education in developing countries. Final report*. UNESCO. www.unesco.org/iiep/eng/focus/opensrc/PDF/OERForumFinalReport.pdf
- UNESCO (2019). Descifrar el código: la educación de las niñas y las mujeres en ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). *UNESDOC Biblioteca Digital*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000366649>
- Valle, A., Regueiro, B., Piñeiro, I., Sánchez, B., Freire, C. y Ferradás, M. (2016). Actitudes hacia las matemáticas en estudiantes de Educación Primaria: Diferencias en función del curso y del género. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 6(2), 119-132. <https://doi.org/10.30552/ejihpe.v6i2.161>
- Valverde, J. (2015). La formación inicial del profesorado en el Grado en Educación Primaria. Una valoración cualitativa del diseño y desarrollo curricular de la asignatura 'Recursos tecnológicos didácticos y de investigación'. *Tendencias Pedagógicas*, 25, 207-228. <http://hdl.handle.net/10486/663428>
- Van Assendelft, F., de Coningh, C. A., González Díaz, C. y López Ramón, J. A. (2013). Aprendizaje cooperativo y flipped classroom. Ensayos y resultados de la metodología docente. *En XI Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. Universidad de Alicante*, 1151-1162. <http://hdl.handle.net/10045/43329>
- Williams, J. (2011). STEM education: Proceed with caution. *Design and Technology Education: An International Journal*, 16(1), 26-35. <https://eric.ed.gov/?id=EJ916494>
- Xie, Y., Fang, M. y Shauman, K. (2015). STEM Education. *Annual Review of Sociology*, 41, 331-357. <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-071312-145659>
- Ye, S. H., Hsiao, T. Y. y Sun, C. T. (2018). Using commercial video games in flipped classrooms to support physical concept construction. *Journal of computer assisted learning*, 34(5), 602-614. <https://doi.org/10.1111/jcal.12267>
- Zhu, M. (2020). Effective pedagogical strategies for STEM education from instructors' perspective: OER for educators. *Open Praxis*, 12(2), 257-270. <https://dx.doi.org/10.5944/openpraxis.12.2.1074>

ANEXOS

ANEXO I. CUESTIONARIO PARA ALUMNADO (ANÁLISIS DE NECESIDADES)

ANEXO II. CUESTIONARIO PARA PROFESORADO (ANÁLISIS DE NECESIDADES)

ANEXO III. CUESTIONARIO PARA FAMILIAS (ANÁLISIS DE NECESIDADES)

ANEXO IV. ENTREVISTA PARA DIRECTORES DE CENTROS (ANÁLISIS DE NECESIDADES)

ANEXO V. CUESTIONARIO PARA ALUMNADO (EVALUACIÓN)

ANEXO VI. CUESTIONARIO PARA PROFESORADO (EVALUACIÓN)

ANEXO VII. CUESTIONARIO PARA FAMILIAS (EVALUACIÓN)

ANEXO VIII. FICHA DESCRIPTIVA DE UNA ACTIVIDAD DE LA PLATAFORMA CREATE-SKILLS

ANEXO IX. AUTORIZACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PADRES Y MADRES PARA APLICACIÓN DE CUESTIONARIO AL ALUMNADO

ANEXO I. CUESTIONARIO PARA ALUMNADO (ANÁLISIS DE NECESIDADES)

DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

1. Edad
2. Género: *Femenino / Masculino / Otro*
3. País: *España / Otro*

IMPORTANCIA DE LAS STEM

4. ¿Crees que las Ciencias y las Matemáticas son importantes en tu vida diaria? *Sí / No / No lo sé*
5. ¿Crees que las asignaturas relacionadas con las Ciencias y las Matemáticas son importantes para tu futuro? *Sí / No / No lo sé*

LAS STEM EN EL CENTRO EDUCATIVO

6. ¿Crees que el tiempo dedicado en tu horario escolar para las asignaturas de Ciencias y Matemáticas es suficiente? *Sí / No / No lo sé*
7. Explica cómo trabajas en las clases de Ciencias y Matemáticas:
 - 7.1. Individualmente: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*
 - 7.2. En grupo con mis compañeros: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*
 - 7.3. Hacemos ejercicios prácticos en clase: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*
 - 7.4. En clase el profesor nos explica y luego hacemos los deberes en casa: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*
 - 7.5. Trabajamos en laboratorios o aulas especiales: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*
 - 7.6. Hacemos experimentos: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*
 - 7.7. Excursiones y viajes escolares: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*
8. ¿En las clases de Ciencias y Matemáticas trabajáis de forma diferente que en las clases de otras asignaturas (lengua y literatura, inglés o conocimiento del medio social)? *Sí / No / No lo sé*
9. Explica qué recursos se usan en las clases de Ciencias y Matemáticas:
 - 9.1. Pizarra digital: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*
 - 9.2. Laboratorio: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*

9.3. Tabletas: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*

9.4. Ordenadores portátiles: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*

9.5. Sala de ordenadores: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*

9.6. Biblioteca: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*

9.7. Visitas culturales: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*

9.8. Excursiones: *Casi nunca / A veces / Casi siempre*

PROFESORADO Y STEM

10. ¿Comprendes bien las explicaciones del profesorado cuando enseña Ciencias/Matemáticas? *Sí / No / No lo sé*

ESTUDIANTES Y STEM

11. ¿Estás motivado en las clases de Ciencias y Matemáticas? *Sí / No / No lo sé*

11.1. Califica esa motivación de 0 a 10: *0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10*

12. ¿Estás satisfecho con tu nivel de esfuerzo en las clases de Ciencias y Matemáticas? *Sí / No / No lo sé*

12.1. Califica ese nivel de esfuerzo de 0 a 10: *0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10*

13. ¿Estás satisfecho con tu nivel de participación en las clases de Ciencias y Matemáticas? *Sí / No / No lo sé*

13.1. Califica tu nivel de participación de 0 a 10: *0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10*

14. ¿Estás satisfecho con tus resultados en Ciencias y Matemáticas? *Sí / No / No lo sé*

ASPECTOS A MEJORAR

15. ¿Qué crees que se podría mejorar en las clases de Ciencias y Matemáticas? *(Respuesta abierta)*

ANEXO II. CUESTIONARIO PARA PROFESORADO (ANÁLISIS DE NECESIDADES)

DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

1. Edad: *Menos de 35 / Entre 35 y 50 / Más de 50*
2. Género: *Femenino / Masculino / Otro*
3. País: *España / Otro*
4. Años de experiencia como docente: *De 1 a 10 / De 11 a 20 / De 21 a 30 / Más de 30*
5. Asignaturas que impartes: *Asignaturas STEM (Matemáticas y/o Ciencias de la Naturaleza) / Asignaturas No STEM*

IMPORTANCIA DE LAS STEM

6. ¿Consideras importante enseñar STEM desde la escuela primaria? *Sí / No / No lo sé*
7. ¿Crees que es necesario que los estudiantes aprendan a aplicar el contenido STEM a su vida diaria? *Sí / No / No lo sé*
8. ¿Crees que los aprendizajes de los contenidos de STEM son importantes para el futuro de sus estudiantes? *Sí / No / No lo sé*

LAS STEM EN EL CENTRO EDUCATIVO

9. ¿Crees que el tiempo dedicado a las asignaturas STEM en el horario escolar de primaria es suficiente? *Sí / No / No lo sé*
10. ¿Trabajas las materias STEM en el aula de manera diferente a otras materias? *Sí / No / No lo sé*
11. ¿Trabajas en clase de forma integrada los contenidos de STEM? *Sí / No / No lo sé*
12. ¿Crees que la forma en que se enseña las materias STEM motiva a los estudiantes? *Sí / No / No lo sé*
13. ¿Te gusta la forma en que se enseñan las materias STEM en la escuela primaria? *Sí / No / No lo sé*
14. ¿Crees que trabajar con el contenido STEM es algo más que enseñar Ciencia y Matemáticas? *Sí / No / No lo sé*

15. ¿Tiene tu escuela suficientes recursos para trabajar en las materias STEM adecuadamente? *Sí / No / No lo sé*

16. ¿Tienen laboratorios y otros espacios en la escuela para trabajar con estudiantes en materias STEM? *Sí / No / No lo sé*

FORMACIÓN DEL PROFESORADO RESPECTO A LAS STEM

17. ¿Crees que durante tu formación inicial en la universidad tuviste suficiente formación para trabajar en materias STEM? *Sí / No / No lo sé*

18. ¿Estás actualmente suficientemente capacitado para trabajar en materias STEM? *Sí / No / No lo sé*

19. ¿Están tus compañeros suficientemente capacitados para trabajar en materias STEM? *Sí / No / No lo sé*

20. ¿Te gustaría recibir más formación para poder enseñar mejor en las materias relacionadas con STEM? *Sí / No / No lo sé*

20.1. En caso afirmativo, ¿indica en qué aspecto necesitarías esa formación?:

- Recursos
- Metodologías
- Motivación del alumnado

ESTUDIANTES Y STEM

21. ¿Están tus estudiantes motivados cuando usted trabaja contenido STEM en el aula? *Sí / No / No lo sé*

21.1. Califica esa motivación de 0 a 10: *0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10*

22. ¿Tus estudiantes se esfuerzan cuando trabajan con contenido STEM? *Sí / No / No lo sé*

22.1. Califica ese esfuerzo de 0 a 10: *0 / 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10*

23. ¿Están tus estudiantes interesados en continuar su formación en competencias relacionadas con las materias STEM? *Sí / No / No lo sé*

24. ¿Considera que el rendimiento académico de tus estudiantes es bueno en relación con las materias STEM? *Sí / No / No lo sé*

25. ¿Encuentras diferencias de género en la participación del alumnado en las STEM?

26. ¿Encuentras diferencias de género en la motivación del alumnado en las materias STEM?

27. ¿Encuentras diferencias de género en el rendimiento del alumnado en las materias STEM?

EVALUACIÓN GENERAL Y ASPECTOS A MEJORAR

28. Califica de 1 a 5 la enseñanza del STEM en España: 1 / 2 / 3 / 4 / 5

29. ¿Qué crees que se podría cambiar para mejorar el aprendizaje de materias STEM?
(*Respuesta abierta*)

30. Escribe 3 debilidades y 3 fortalezas sobre la incorporación del STEM en la educación primaria. (*Respuesta abierta*)

ANEXO III. CUESTIONARIO PARA FAMILIAS (ANÁLISIS DE NECESIDADES)

DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

1. Edad: *Menos de 35 / Entre 35 y 50 / Más de 50*
2. Género: *Femenino / Masculino / Otro*
3. País: *España / Otro*
4. Nivel de estudios: *Básicos / Medios / Superiores*

IMPORTANCIA DE LAS STEM

5. ¿Cree usted que las asignaturas STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) son importantes para la vida diaria de su hijo? *Sí / No / No lo sé*
6. ¿Cree usted que las asignaturas STEM son importantes para el futuro de sus hijos? *Sí / No / No lo sé*

LAS STEM EN EL CENTRO EDUCATIVO

7. ¿Cree que el tiempo dedicado a las asignaturas STEM en el horario escolar en primaria es suficiente? *Sí / No / No lo sé*
8. ¿Cree que los profesores de las asignaturas STEM utilizan una metodología adecuada? *Sí / No / No lo sé*
9. ¿Cree que existen diferencias entre la metodología usada por los profesores de las asignaturas de STEM y la metodología empleada por los profesores de otras asignaturas? *Sí / No / No lo sé*
10. ¿Tiene la escuela de sus hijos recursos suficientes para trabajar adecuadamente en las materias de STEM? *Sí / No / No lo sé*
11. ¿Tiene la escuela de sus hijos suficientes laboratorios y otros espacios para trabajar en materias STEM con los estudiantes? *Sí / No / No lo sé*

PROFESORADO Y STEM

12. ¿Los profesores de la escuela de sus hijos tienen la formación suficiente y necesaria para enseñar correctamente STEM? *Sí / No / No lo sé*

ESTUDIANTES Y STEM

13. ¿Sus hijos están suficientemente motivados con las materias de STEM? *Sí / No / No lo sé*

14. ¿Considera que el esfuerzo de sus hijos es bueno en relación con las materias STEM? *Sí / No / No lo sé*

15. ¿Considera que el rendimiento académico de sus hijos es bueno en relación con las materias STEM? *Sí / No / No lo sé*

16. ¿La participación de los niños es mayor que la de las niñas en las asignaturas STEM? *Sí / No / No lo sé*

17. ¿Los niños están más motivados que las niñas en las asignaturas STEM? *Sí / No / No lo sé*

18. ¿El rendimiento de los niños es mejor que el de las niñas en las asignaturas STEM? *Sí / No / No lo sé*

EVALUACIÓN GENERAL Y ASPECTOS A MEJORAR

19. Califica de 1 a 5 la enseñanza de STEM en España: *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

20. ¿Qué crees que se podría cambiar para mejorar el aprendizaje de materias STEM? *(Respuesta abierta)*

ANEXO IV. ENTREVISTA PARA DIRECTORES DE CENTROS (ANÁLISIS DE NECESIDADES)

DATOS SOCIODEMOGRÁFICOS

1. Edad
2. Género
3. País
4. ¿Cuántos años llevas en la dirección del centro?
5. ¿Has recibido formación específica para llevar la dirección del centro? En caso afirmativo, ¿de qué tipo?

IMPORTANCIA DE LAS STEM

6. ¿Podrías explicarnos cuál es tu valoración respecto a la importancia del aprendizaje de contenidos STEM para la vida diaria de tus estudiantes y para su futuro? ¿Crees que esta formación es adecuada comenzarla en la etapa de educación primaria?

LAS STEM EN EL CENTRO EDUCATIVO

7. ¿Podrías explicarnos cuál es la situación de la enseñanza de las STEM en tu centro en cuanto a número de horas dentro del horario, recursos de los que dispone el centro para su enseñanza, diferencias (si existen) en cuanto a la forma de impartir las clases STEM con respecto a otras asignaturas...?

FORMACIÓN DEL PROFESORADO RESPECTO A LAS STEM

8. Con respecto a la formación del profesorado que imparte asignaturas STEM, ¿crees que tienen una formación suficiente o necesitan más formación al respecto? En caso afirmativo, ¿podrías decirnos qué tipo de formación y si existen espacios específicos para formarse en estos temas? ¿Sabe el profesorado motivar a los alumnos en estas asignaturas?

ESTUDIANTES Y STEM

9. Con respecto a la motivación, participación, esfuerzo y rendimiento académico de los estudiantes en estas áreas de conocimiento, ¿cuál es tu valoración? ¿Crees que existen diferencias de género en cada uno de esos parámetros?

ASPECTOS A MEJORAR

10. Para finalizar nos gustaría que nos diese una valoración de la enseñanza de las STEM en España y cómo se podría mejorar dicha enseñanza. Y para concretar un poco más, dinos tres debilidades y tres fortalezas sobre la incorporación de las STEM en la educación primaria.

ANEXO V. CUESTIONARIO PARA ALUMNADO (EVALUACIÓN)

País: _____ Nombre de la actividad: _____
Clase: _____ Fecha: _____

En relación con el desarrollo de la actividad, valora: Nunca 1/2/3/4/5/6 Siempre

1. Me gustó mucho esta actividad: 1/2/3/4/5/6
2. Esta actividad fue divertida y creativa: 1/2/3/4/5/6
3. No he prestado atención en esta actividad: 1/2/3/4/5/6
4. Creo que he sido muy bueno/a en esta actividad: 1/2/3/4/5/6
5. Creo que me fue muy bien en esta actividad: 1/2/3/4/5/6
6. Después de mi participación en esta actividad me sentí más capacitado/a: 1/2/3/4/5/6
7. Estoy satisfecho/a con mi desempeño en esta actividad: 1/2/3/4/5/6
8. He sido muy hábil en esta actividad: 1/2/3/4/5/6
9. Me he sentido nervioso/a mientras hacía la actividad: 1/2/3/4/5/6
10. Estaba muy relajado/a mientras hacía cosas para esta actividad: 1/2/3/4/5/6
11. Me sentí presionado/a mientras realizaba la actividad: 1/2/3/4/5/6
12. Tuve la opción de participar o no en esta actividad: 1/2/3/4/5/6
13. Pude expresar mi punto de vista: 1/2/3/4/5/6
14. Aprender STEM (Ciencias, Tecnología, Matemáticas e Ingeniería) es interesante: 1/2/3/4/5/6
15. Me gusta aprender STEM: 1/2/3/4/5/6
16. Hago un gran esfuerzo para aprender STEM: 1/2/3/4/5/6
17. Dedico mucho tiempo a aprender STEM: 1/2/3/4/5/6
18. Creo que puedo adquirir conocimientos y habilidades en STEM: 1/2/3/4/5/6
19. Estoy satisfecho/a con la actividad: 1/2/3/4/5/6
20. La información sobre este tema era relevante para mí: 1/2/3/4/5/6
21. Quiero aprender más sobre esto: 1/2/3/4/5/6

A continuación, puedes indicar cualquier otra sugerencia o comentario que nos ayude a mejorar: *(Respuesta abierta)*

ANEXO VI. CUESTIONARIO PARA PROFESORADO (EVALUACIÓN)

País: _____ Nombre de la actividad: _____
Clase: _____ Fecha: _____
Colegio: _____ Firma del profesor/a: _____

En relación con el desarrollo de la actividad, valora: Nunca 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Siempre

1. La actividad logró los objetivos de aprendizaje propuestos: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
2. Los temas y contenidos tratados fueron interesantes y relevantes: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
3. La actividad permitió la adquisición de nuevos conocimientos y experiencias: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
4. La presentación fue fácil de entender: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
5. El contenido de la actividad fue original: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
6. Los materiales presentados fueron claros y apropiados: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
7. Los enfoques de aprendizaje que se adoptan en la actividad fueron apropiados para la edad de la clase: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
8. La actividad consiguió las expectativas iniciales: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
9. El profesor promovió la participación y la implicación del alumnado: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
10. Los estudiantes se involucraron en la actividad: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
11. Los estudiantes estaban motivados y eran activos: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
12. La actividad promovió el pensamiento crítico, la resolución de problemas, la creatividad y otras habilidades: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6
13. La actividad puede integrarse fácilmente en los planes de estudio de STEM en Primaria (Ciencias y Matemáticas): 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6

En cuanto a la organización de los documentos, valora:

Totalmente inapropiado 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 Totalmente apropiado

14. La calidad y adecuación de los documentos: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6

15. La calidad de las actividades: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6

16. La variedad de actividades: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6

17. La claridad y amplitud de las instrucciones para poner en marcha las actividades: 1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6

¿Recomendaría esta herramienta a otro profesor del colegio? Selecciones el número que mejor corresponda a su opinión (siendo 1 la PEOR puntuación y 10 la MEJOR):

1 / 2 / 3 / 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10

Por favor, justifique su VALORACIÓN: *(Respuesta abierta)*

ANEXO VII. CUESTIONARIO PARA FAMILIAS (EVALUACIÓN)

1. Sexo: *Mujer / Hombre*

2. Nivel de estudios: *Sin estudios / E. Primaria / E. Secundaria / Estudios superiores*

3. Sexo del estudiante: *Hombre / Mujer*

Grado de acuerdo:

Totalmente en desacuerdo (1); En desacuerdo (2); Ni de acuerdo ni en desacuerdo (3); De acuerdo (4); Totalmente de acuerdo (5)

4. Los estudiantes de Primaria necesitan dedicar más tiempo a las asignaturas STEM: *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

5. La enseñanza STEM se debe centrar más en los contenidos que en otras capacidades (resolución de problemas, trabajo en equipo, etc.): *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

6. La enseñanza STEM promueve desarrollar la capacidad de resolución de problemas de la vida real: *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

7. La enseñanza STEM mejora las habilidades de trabajo en equipo: *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

8. La enseñanza STEM mejora la motivación por aprender: *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

9. La enseñanza STEM es necesaria para desarrollar una economía global y competitiva: *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

10. La actitud y el rendimiento en asignaturas STEM es diferente entre niños y niñas: *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

11. Existe menos interés de las niñas por las asignaturas STEM debido a la falta de exposición de modelos femeninos de éxito: *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

12. Existe menos interés de las niñas por las asignaturas STEM debido a los estereotipos de los profesionales que trabajan en los ámbitos STEM: *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

13. Existe menos interés de las niñas por las asignaturas STEM debido a los estereotipos entre los grupos de iguales: *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

14. Me gustaría que mi hijo/a se dedicase a ámbitos profesionales STEM y no en áreas relacionadas, por ejemplo, con el arte, ciencias de la educación o el derecho: *1 / 2 / 3 / 4 / 5*

15. Realizo experimentos o actividades en casa relacionados con asignaturas STEM con mi hijo/a: 1 / 2 / 3 / 4 / 5

16. Dispongo de materiales en casa para hacer experimentos y actividades relacionadas con asignaturas STEM: 1 / 2 / 3 / 4 / 5

17. El centro educativo de mi hijo/a dispone de recursos suficientes para la enseñanza STEM: 1 / 2 / 3 / 4 / 5

18. Utilizo recursos de Internet para hacer actividades del ámbito STEM con mi hijo/a: 1 / 2 / 3 / 4 / 5

19. He utilizado la plataforma del Proyecto CREATE-Skills: 1 / 2 / 3 / 4 / 5

ANEXO VIII. FICHA DESCRIPTIVA DE UNA ACTIVIDAD DE LA PLATAFORMA CREATE-SKILLS



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Toolkit – Activities to develop/promote attractively for STEM	
Name of the Good Practice <u>QR</u> New Activity	Learning Science Through Theatre
Summary	<p>LSTT brings together science and art inquiry. Students learn science in a creative way while implementing a theatrical performance related to scientific concepts. In LSTT, students comprehend scientific concepts and phenomena, develop a spirit of cooperation and teamwork, actively participate in the negotiation of scientific concepts and develop creative and critical thinking skills. Furthermore, by participating in dissemination activities and entrepreneurial actions for the promotion and support of their theatrical performance, they contribute to further bridging school with society and develop their own social and entrepreneurial skills.</p> <div style="text-align: center;">  </div>
Objectives	<p>The specific objectives of the activity, which have as a central axis the interdisciplinary interconnection of science with aspects of art aiming at the enhancement of students' interest in science, involve both students and teachers. More specifically, through this activity, students:</p> <ul style="list-style-type: none"> • comprehend scientific concepts and phenomena • develop a spirit of cooperation and teamwork • participate actively in the investigation of scientific concepts • develop creative and critical thinking skills • participate in dissemination activities and entrepreneurial actions for the promotion and support of their theatrical performance and they will contribute in further bridging school with society • develop their social and entrepreneurial skills • create an educational community that will cooperate, exchange opinions, material <p>Teachers on the other hand:</p> <ul style="list-style-type: none"> • are engaged in professional development procedures through their cooperation and the exchange of opinions, ideas and teaching material (either in person or through online learning communities) • are trained in new methodologies for the teaching of science through training workshops and summer schools



	<ul style="list-style-type: none"> • create an educational community that will cooperate, exchange opinions, material and best practices for science teaching and learning, that will continue after the implementation of the action • become co-creators of educational material
Target Group	<p>The direct target groups are school students of all ages and also their teachers.</p> <p>Indirectly the parents, school heads and wider community are reached through supporting the preparation and dissemination actions for the final performance.</p>
Development / Implementation description	<p>Phase 1: Question Students pose, select, or are given a scientifically oriented question to investigate. <u>The teacher</u> chooses a chapter / module from the curriculum. S/he then begins a dialogue with the students, asking them questions. These questions will trigger a new round of questions, this time from the students themselves. The teacher should use these students' questions and come up with the subject that will eventually be explored and dramatized. At this stage, the teacher can introduce physical warm-up exercises. These are great ice-breakers! They also help students get acquainted with the importance of the embodiment aspects of learning, while introducing basic theatrical techniques. At this stage <u>pupils</u> decide upon a basic, scientifically oriented question which they wish to explore through the LSTT activity. This happens in dialogue with the teacher. Link 1: Experiential Exercises</p> <p>Phase 2: Evidence At this stage, individual work and teamwork play important roles in finding and gathering necessary information about the main inquiry question that has been asked <u>The teacher</u> ensures that all students have access to information on the exploratory question, whether via the internet or through printed material books. The teacher helps students search and collect the necessary information. For example, the teacher may provide basic search guidelines (e.g. suggested sub-queries to explore, providing keywords for search engines, etc.) <u>Students</u> search the web for information on the chosen question / topic. They sometimes work individually and sometimes collectively, exchanging key findings and information they have collected.</p> <p>Phase 3: Analysis This phase includes the organization and analysis of data collected during the previous phase, as well as student dialogue aimed at categorizing that data. <u>The teacher</u> functions more as a facilitator, and coordinates discussions among students about the data collected. Also, s/he encourages the creation of organized information models, and search rules / standards for data organization (for example by providing students with a template according to which they may categorize their data). S/he then encourages and coordinates the students to improvise and create a first version of the theatrical performance. At this stage, <u>students</u> analyse and categorize the data they have collected while identifying different models of organizing information. Then they make a first attempt to capture the idea and create the scenario on which their theatrical performance will be based. Improvisation plays an essential role as students attempt to set up a basic skeleton of their performance spontaneously.</p> <p>Phase 4: Explain A key feature of this phase is the dialogue between students. That dialogue is needed in order to decide upon possible explanations and answers for the exploratory question raised earlier by the students. <u>The teacher</u> acts as facilitator and process coordinator while identifying and correcting possible misconceptions of students about the interpretation of data. Students collaborate and discuss decisions about the basic explanations they will adopt to answer the scientific question(s). They then proceed with the creation of their theatrical performance.</p> <p>Phase 5: Connect</p>



	<p>A key feature of this phase is inter-disciplinarity, as students study scientific concepts and knowledge while interconnecting scientific knowledge with various art forms.</p> <p><u>The teacher</u> takes full advantage of the possibilities offered by the interdisciplinary approach of teaching, as it promotes the interconnection of various scientific themes with various forms of art (theater, music, painting). To achieve this, a communication and consultation with specialists in the field is pursued (specialist scientist in science education, specialized stage director, musician, etc.). In addition, the teacher coordinates the corresponding groups of students who have undertaken to create the script, music, costumes, etc.</p> <p><u>Students</u> explore the subject spherically and find interconnections with other fields, such as the arts (theater, music, painting, etc.). They are divided into groups according to their interests, in order to design and implement a complete theatrical performance with scientific content related to the exploratory chosen question / theme. Thus, pupils are divided into groups of directing, music production, scenography and costumes, choreography, video production, sound and lighting, and promotional activities. Collaboration exists both between students belonging to the same group and pupils belonging to different groups, so that the results produced are consistent.</p> <p>Phase 6: Communication & Performance</p> <p>The main feature of this phase is the dimension of students' communication, both with their classmates and with specialized scientists and artists. In addition, communication also involves the expression of scientific concepts and findings by students through their theatrical performance.</p> <p><u>The teacher</u> encourages students to communicate with scientists and artists so that they can express and communicate the findings of their exploratory process in the best possible way to the public through their theatrical performance. The teacher has previously taken care to arrange a special scientist's visit to the science and / or artistic session (stage director, musician, etc.) at the school in order to allow students to address their questions in each discipline. The teacher ensures a specific day for student rehearsals. Finally, the teacher is responsible for coordinating the final performance.</p> <p><u>Students</u> in this phase communicate with both artists and scientists. They ask them questions about various ways of improving the theatrical performance. Both during the rehearsal and the final theatrical performance, students use their bodies and voices to communicate scientific concepts through a variety of art forms, all of which may be included in the theatrical performance.</p> <p>Phase 7: Reflect</p> <p>The main feature of this phase is student reflection and assessment of the exploratory process and learning.</p> <p>During this last stage, <u>the teacher</u> discusses with students about their reflections regarding the theatrical performance, and what may be improved in the future. The teacher evaluates whether all students have been involved in the creative exploratory process, and completes an observation form provided by the organizers of the action. This helps the description and assessment of the course of student exploratory learning and the extent to which scientific meanings were elaborated by students through embodied learning. This always relates to the school's curriculum.</p> <p>At this stage, <u>students</u> are evaluated both by the judges (scientists and artists) of the final theatrical performance, as well as by the audience of theatrical performance. Then, after receiving their awards and distinctions, they discuss both with each other and with the teacher about the characteristics of the performance and the factors that contributed to the success (or not) of their final performance.</p>
Duration	<p>The proposed duration of the LSTT activity is 3-5 months which includes the period of preparation and the performance time. The students work closely with the teachers (and/or team leaders) in a regular basis during these months (once per week is proposed), following the inquiry framework that will get them all the way to the final performance. In any case the duration can be decided by the teacher</p>
Needed Materials for implementation	<p>LSTT is suggested to be implemented as a self-funded activity, meaning that the students and teacher will be engaged in approaching contributors (such as parents, the wider community and using already existing school's materials) for the preparation and realization of their performance – the aid can be in the form of either money or material needed such as costumes, sets, etc.</p>



Context of implementation	This activity is implemented in the school context, in the classroom. During each phase both teacher and students have distinct roles and they are working on the performance development and preparation at least once per week, based on a science-related subject of the official curriculum.
Expected Results & Tips	School students will improve their interest and motivation in science topics in a creative way while at the same time they will foster their teamwork and 21 century critical skills.
Innovation and Success factors	<p>LSTT is based on the method of Inquiry Based Science Education (IBSE) on teaching and learning that focuses on use of questions, problems, and educational scenarios used to engage students in concepts of science and support their acquisition of scientific knowledge and skills. This is achieved through a seven-phase cycle (see detailed implementation above) and their active participation in activities that they are largely initiated by students. Students understand in-depth the scientific concepts through their own perception of the world that surrounds them and through their own experiences and reflective processes. Moreover, LSTT efficiently combines science with aspects of arts through a transdisciplinary approach which motivates students.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Promotes critical thinking and 21st century skills and learning skills <input checked="" type="checkbox"/> Promotes hands-on, experimental and problem-based learning <input checked="" type="checkbox"/> Promotes collaborative team working and cross-curricular use of science knowledge and skills <input checked="" type="checkbox"/> Based on student-centered approaches <input checked="" type="checkbox"/> Based on motivating pedagogies such as inquiry-based learning <input checked="" type="checkbox"/> Focus on social learning approaches <input type="checkbox"/> Acts as didactic tool <input checked="" type="checkbox"/> Favours interdisciplinarity between STEM subjects <input checked="" type="checkbox"/> Requires active and creative participation of teachers, students and parents in a cooperative way
Risks / challenges	<p>The potential risks are the lack of curriculum time devoted and the inexperience of the primary school teacher in theatre practice for educational purposes. In any case, these challenges can be overcome by attending or participating in the relevant workshops targeted at school teachers and ensuring commitment on the implementation.</p> <p>Another challenge that the interested teacher may face is the lack of materials and resources for the set, costumes and so on. LSTT is deemed to be self-sustainable though; meaning that any extra resources and/or materials needed can be covered by the participating students (with the support of their families) and by creatively using already available school materials. As the activity is educational, the focus should be on the process and not on the materialistic quality of the production.</p>
Assessment	<p>Both quantitative and qualitative data are required to assess participants' and team leaders' cognitive and creative development through the implementation of the LSTT.</p> <p>For quantitative assessment we recommend the use of the 'Science Motivation Questionnaire II (SMQ-II)' (Glynn, et al., 2011; Maximiliane, Schumm, Bogner, 2016) that is addressed to participants and the 'VALNET' questionnaire addressed to team leaders.</p> <p>Regarding qualitative assessment, each group of participating participants will be provided with a questionnaire that includes questions about their level of enjoyment, comparisons to more traditional teaching methods, etc. More specifically, since "Entertainment" is an important part of a</p>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

	<p>theatrical performance, it is worth mentioning that participants will retain their interest throughout and will enjoy the whole procedure. (Smyrniou Z., Sotiriou M., Georgakopoulou E., Papadopoulou E., 2016)</p> <p>The questionnaire will also include questions based in three categories relevant to Embodied Learning: a) representation of scientific content/generation of meaning, b) communication between participants, c) entertainment of the audience, while participants dramatize scientific scenarios which take into account both the teaching of sciences and theatre techniques (Smyrniou Z., Sotiriou M., Georgakopoulou E., Papadopoulou E., 2016).</p>
Transferability	LSTS is easily transferable in other contexts regardless of the different educational policy framework; as it combines science with aspects of theatre arts and creativity which all are universal in their practice.
Links / Resources	Lstt.eu
Key words	Science theatre; creativity; inquiry-based learning; social learning; teamwork; arts; critical thinking

ANEXO IX. AUTORIZACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO DE PADRES Y MADRES PARA APLICACIÓN DE CUESTIONARIO AL ALUMNADO



Socially Learning STEM in Primary Education

Estimados padres y madres:

El día ___ de _____ de 20__ se va a realizar a los alumnos y alumnas de CURSO__ GRUPO__ un cuestionario sobre cómo se produce la enseñanza de Matemáticas y Ciencias de la Naturaleza en Educación Primaria. Este cuestionario se realiza para la investigación que estoy llevando a cabo sobre Tecnología Educativa en la Universidad de Murcia.

La participación es totalmente voluntaria. La información obtenida se utilizará exclusivamente para los fines específicos de dicho estudio y en ningún caso se reflejará información sobre su hijo/a, ya que los cuestionarios son completamente anónimos, no incluirán datos de carácter personal y la información obtenida se tratará conforme a la Ley Orgánica de Protección de Datos 15/99.

D./Dña.: _____ con DNI _____

- Autorizo a mi hijo/a a participar en los cuestionarios sobre enseñanza de Matemáticas y Ciencias de la Naturaleza para la investigación "STEM en Educación Primaria: estudio descriptivo en la Región de Murcia".

Firma padre/madre/tutor

En Murcia, a ___ de _____ de 20__

Gracias por su participación.

Atentamente,

Javier Arabit García



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

