

TESIS DOCTORAL

PROGRAMA DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

**STEAM EN EDUCACIÓN PRIMARIA:
IMPACTO EN LAS COMPETENCIAS Y MOTIVACIÓN DEL
ALUMNADO DE CEUTA**

PABLO DÚO TERRÓN

DIRIGIDA POR:

DR. FRANCISCO JAVIER HINOJO LUCENA
DR. ANTONIO JOSÉ MORENO GUERRERO

CIUDAD AUTÓNOMA DE CEUTA - 2022

UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

TESIS DOCTORAL

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Pablo Dúo Terrón
ISBN: 978-84-1117-730-6
URI: <https://hdl.handle.net/10481/80679>

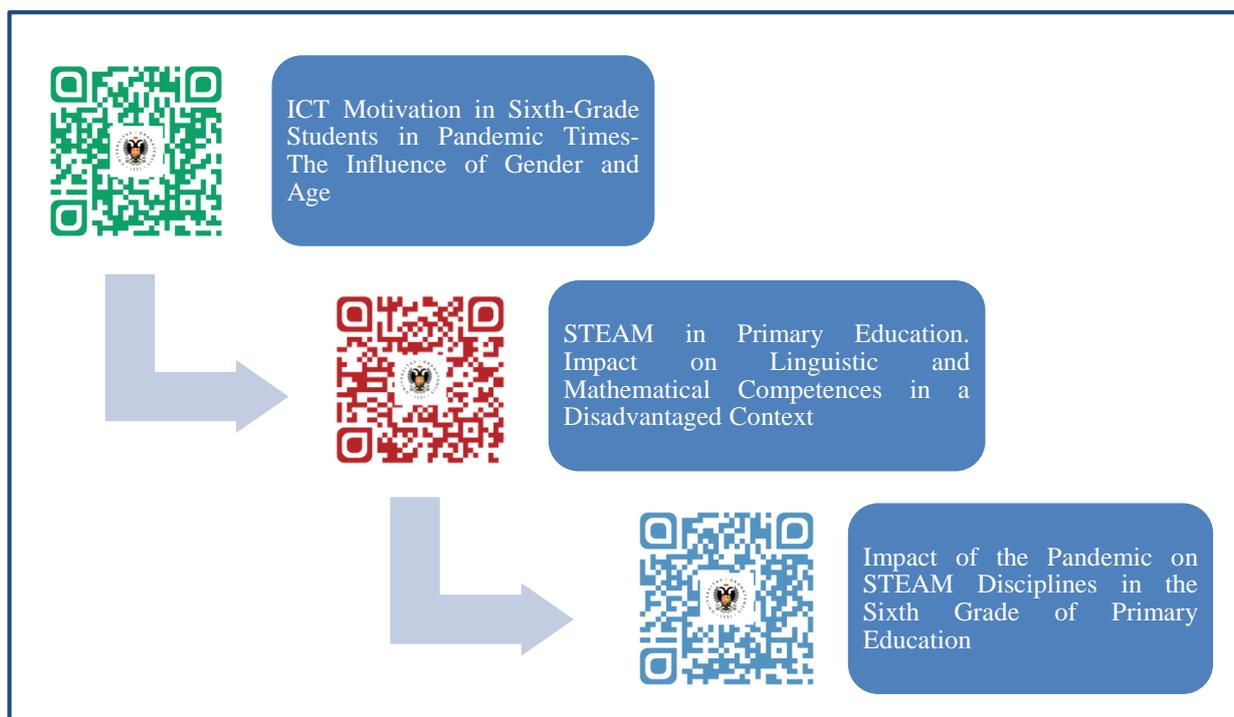
STEAM EN EDUCACIÓN PRIMARIA: IMPACTO EN LAS COMPETENCIAS Y MOTIVACIÓN DEL ALUMNADO DE CEUTA

Tesis doctoral realizada por agrupación de tres publicaciones bajo la dirección de tesis del Dr. Francisco Javier Hinojo Lucena y el Dr. Antonio José Moreno Guerrero, ambos del departamento de Didáctica y Organización Escolar de la Universidad de Granada, presentada por D. Pablo Dúo Terrón para optar al grado de Doctor en el Programa de Doctorado en Ciencias de la Educación, bajo el título de tesis “**STEAM en Educación Primaria: Impacto en las competencias y motivación del alumnado de Ceuta**”. El formato de agrupación mediante tres artículos de investigación que aparecen en la Figura 1 y responde a los diferentes objetivos planteados en el plan de investigación:

- ¿El uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) genera motivación entre el alumnado?
- ¿Influye la metodología basada en Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas (STEAM) de manera transversal en las competencias clave lingüística y matemática?
- ¿STEAM en la educación contribuye a la resolución de problemas mediante un trabajo cooperativo?

Figura 1

Artículos de la tesis



Agradecimientos

Este trabajo supone un camino motivado por el placer de innovar en el aula, en el cual ha tenido gran parte de culpa mi alumnado acompañándome en el proceso educativo y disfrutando en las clases tanto como yo, formando un equipo. Este hecho, me ha llevado a investigar las metodologías que estoy llevando en el aula desde el año 2016.

A mis queridos directores de tesis el Dr. Francisco Hinojo Lucena y el Dr. Antonio José Moreno Guerrero. Este último, con gran parte de culpa para realizar el doctorado, animándome siempre a investigar mis prácticas educativas en el aula. También citar a mi tutor, el Dr. Juan Antonio López Nuñez, entre los tres el camino de estos años en el Programa de Doctorado en Ciencias de la Educación, en relación con la investigación ha sido más fácil contestando siempre al teléfono o al correo electrónico y, por supuesto, asesorándome en beneficio de mi formación. Me gustaría nombrar en este párrafo al Dr. Jesús López Belmonte y el Dr. José Antonio Marín Marín, ambos con una disposición a colaborar y ayudar en todo momento en el proceso de doctorado, a veces de manera desinteresada.

Aunque no hayan colaborado de manera directa en esta tesis, me gustaría nombrar a ciertas personas de las que aprendo cada día en mi aula y que, de una manera indirecta, son la causa de que innove en el aula y haya decidido iniciarme en la investigación. Ellos son; D. José Luis Calvo Benítez, ex-asesor de la Unidad de Programas Educativos de la Dirección Provincial de Ceuta y actualmente informático del Instituto Nacional de Tecnología Educativas y Formación del Profesorado (INTEF), donde también pertenece al mismo departamento D. Juan David Rodríguez García, que además es desarrollador de programas educativos como LearningML Machine Learning. El Dr. Jesús Moreno León, ex-jefe de experimentación en el aula de proyectos digitales del INTEF, profesor de Informática y miembro de la asociación Programamos, todos ellos han sido referentes para llevar STEAM y el pensamiento computacional a mi aula.

Por último, y no menos importante citar a mi familia, en especial, a mi mujer por el apoyo y entusiasmo que me ha ofrecido durante estos 3 años y cada vez que inicio un proyecto, aún sabiendo, que supone tiempo de estar juntos. También, a mi madre, mi hermano y mis sobrinos por no haber podido pasar más tiempo con ellos, pero con los que aprendemos a programar en el tiempo libre. Finalizo con una persona especial, mi padre que desde el cielo seguro que está orgulloso de esta etapa que culmino.

A todos, GRACIAS.

Índice general

Trabajos publicados e indicios de calidad	2
Resumen.....	3
Abstract	4
1. Introducción.....	6
1.1. Motivación de las TIC	6
1.2. Impacto de STEAM en las competencias	7
1.3. Las disciplinas STEAM	8
2. Marco teórico	9
2.1. Las TIC en el ámbito educativo	9
2.2. Las TIC en entornos desfavorecidos	11
2.3. STEAM en educación	11
2.4. Pensamiento computacional y tecnologías multisensoriales	12
2.5. Disciplinas STEAM-EDU y pensamiento computacional.....	13
2.6. Makerspaces y Aula del Futuro	15
3. Justificación y objetivos de la investigación	16
3.1. Justificación y objetivos de la primera investigación: La motivación y las TIC	16
3.2. Justificación y objetivos de la segunda investigación: Impacto de STEAM en las competencias lingüística y matemática	16
3.3. Justificación y objetivos de la tercera investigación: Impacto de la pandemia en las disciplinas STEAM	17
4. Metodología.....	18
4.1. Diseño de la investigación.....	18
4.2. Muestra	19
4.3. Instrumentos.....	22
4.4. Procedimientos.....	23
4.5. Análisis de datos.....	25
5. Resultados.....	25
5.1. Resultados del primer estudio	25
5.2. Resultados del segundo estudio	30
5.3. Resultados del tercer estudio	38
6. Discusión.....	42
6.1. Discusión en relación al primer estudio.....	42
6.2. Discusión en relación al segundo estudio	44
6.3. Discusión en relación al tercer estudio	45
7. Conclusiones	48
7.1. Conclusiones del primer estudio	48
7.2. Conclusiones del segundo estudio	49
7.3. Conclusiones del tercer estudio	50
7.4. Conclusiones finales	51
8. Referencias bibliográficas.....	52
Apéndice A	66
Apéndice B	67

Trabajos publicados e indicios de calidad

Los tres artículos publicados tomando como base lo dispuesto en las Normas Regulatoras de las Enseñanzas Oficiales de Doctorado y del Título de Doctor por la Universidad de Granada, se muestran en la Figura 2.

Tabla1

Indicios de calidad de los artículos

Artículo	Revista	CiteScore 2021	SJR 2021
Dúo-Terrón, P.; Moreno-Guerrero, A.-J. & Marín-Marín, J.-A. (2022). ICT Motivation in Sixth-Grade Students in Pandemic Times - The Influence of Gender and Age. <i>Education Sciences</i> , 12, 183. https://doi.org/10.3390/educsci12030183	Education Sciences  education sciences	2.9	0.52 (Q2)
Dúo-Terrón P, Hinojo-Lucena F-J, Moreno-Guerrero A-J & López-Núñez J-A (2022) STEAM in Primary Education. Impact on Linguistic and Mathematical Competences in a Disadvantaged Context. <i>Frontiers in Education</i> . 7:792656. http://doi:10.3389/feduc.2022.792656	Frontiers in education  frontiers	2.0	0.58 (Q2)
Dúo-Terrón, P.; Hinojo-Lucena, F.-J.; Moreno-Guerrero, A.-J. & López-Belmonte, J. (2022). Impact of the Pandemic on STEAM Disciplines in the Sixth Grade of Primary Education. <i>European Journal Investigation Health Psychology and Education</i> , 12, 989–1005. https://doi.org/10.3390/ejihpe12080071	European Journal Investigation Health Psychology and Education  European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education	2.0	0.34 (Q3)

Tesis

STEAM en Educación Primaria: Impacto en las competencias y motivación del alumnado de Ceuta

Resumen: Esta tesis realizada bajo el formato de compendio de publicaciones, aborda el impacto que tienen las TIC y concretamente STEAM (por sus siglas en inglés procedente de ciencias, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas) en la Educación Primaria en la Ciudad Autónoma de Ceuta. Si las herramientas y dispositivos electrónicos estaban asumiendo un papel importante dentro de las metodologías educativas, la COVID-19 y el confinamiento han acelerado este proceso. Por este motivo, la época de pandemia y sus restricciones sanitarias en los centros escolares ha sido un factor que se ha tenido en cuenta durante el estudio. En la etapa de secundaria los estudiantes tienen que elegir estudiar ciencias o arte. Sin embargo, en este estudio analizamos desde edades más tempranas, concretamente la Educación Primaria, como la influencia de las artes y la creatividad pueden estar vinculadas y ser estudiadas de manera transversal con la competencia STEM, influyendo en diferentes ámbitos y disciplinas. Es tal la trascendencia, que incluso, el Ministerio de Educación y Formación Profesional ha incorporado la competencia STEM (incluye la E de ingeniería por su sigla en inglés) y el Pensamiento Computacional en el currículo de Educación Primaria establecido por la LOMLOE (2020). Aunque antes de estas actualizaciones legislativas en educación, ya existían centros educativos que apostaban por la presencia de metodologías activas que incluían las TIC, zonas y espacios de creación con contenidos como la robótica, la programación por bloques o la Inteligencia Artificial.

Además, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) están vinculadas con las disciplinas STEAM e inmersas en la vida cotidiana de las personas desde edades cada vez más tempranas. Las TIC han sido clave en los adolescentes para seguir una educación a distancia y ha provocado un mayor uso y dominio de las mismas. Por este motivo, el **primer estudio** de esta tesis analiza la motivación que generan las TIC en los adolescentes en la época de pandemia provocada por la COVID-19. El objetivo del estudio es conocer el uso y el compromiso que generan las TIC en estos estudiantes, en relación al género y la edad, tras la incorporación a las aulas provocada por el confinamiento de la primera ola. El método de estudio responde a un diseño de carácter cuasiexperimental de tipo descriptivo y correlativo, sustentado en un método cuantitativo en el tratamiento de los datos. Los datos han sido obtenidos a través de un cuestionario validado llamado uso y compromiso de las TIC, en el que han participado un total de 924 estudiantes de 6º de Educación Primaria de la ciudad autónoma de Ceuta (España), con edades comprendidas entre los 10 y 13 años. Los resultados revelan que la motivación, uso y compromiso de las TIC en estas edades es medio-alto, además, los chicos presentan una mayor valoración en todas las variables analizadas y, tanto en el género como en la edad, existe correlación, además, de existir factores predictivos. En conclusión, el uso y compromiso de las TIC en estudiantes de 6º de Educación Primaria, después del periodo de confinamiento, es medio-alto. Los chicos presentan una mayor valoración que las chicas y, tanto en el género como en la edad existe correlación y factores predictivos.

El **segundo estudio** investiga el impacto que genera el uso de STEAM en educación, concretamente en el desarrollo de las competencias lingüística y matemática. Los resultados de aprendizaje se obtuvieron de las pruebas externas de evaluación realizadas por el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE), en un periodo de cuatro años. En el estudio han participado 242 estudiantes del tercer nivel de Educación Primaria de un centro educativo de la ciudad de Ceuta ubicado en una zona desfavorecida. Los objetivos del estudio fueron describir los resultados de aprendizaje obtenidos en sendas competencias en función del sexo y los antecedentes de inmigración de los progenitores de los estudiantes, comparar los resultados obtenidos antes y durante el uso de STEAM, y determinar si existe correlación entre la comprensión escrita y la

resolución de problemas. Se trata de un estudio cuantitativo descriptivo, de tipo transversal y correlacional. Los resultados de la investigación evidencian que el uso transversal y coordinado de STEAM, mejora los resultados de aprendizaje de la competencia lingüística y competencia matemática del alumnado del tercer curso de Educación Primaria, especialmente la expresión y comprensión oral y el cálculo. Los resultados son, en general, más positivos en el caso de las chicas y del alumnado cuyos progenitores han nacido en España. El estudio reveló, igualmente, que existe una correlación positiva entre la comprensión lectora y la resolución de problemas.

La demanda de profesionales que acceden al mercado laboral requiere de conocimientos y disciplinas hacia las áreas STEAM. Las escuelas son el primer eslabón para formar estudiantes competentes para la sociedad actual. Sin embargo, la pandemia ha condicionado las metodologías de enseñanza-aprendizaje basadas en fomentar STEAM en los centros educativos, motivo que nos conduce a realizar **el tercer estudio de la tesis**, cuyo objetivo principal de la investigación es evaluar las dimensiones STEAM en 6º grado de Educación Primaria en época de pandemia. El método de estudio está basado en un diseño de carácter cuasiexperimental, de tipo descriptivo y correlacional con un grupo experimental y otro control. Los datos han sido recogidos a través de un cuestionario validado, pre-test y post-test, que mide “la Co-Medida: Desarrollo de una evaluación para la colaboración de los estudiantes en actividades STEAM”. La muestra está formada por 142 estudiantes españoles, de los cuales 68 pertenecen al grupo control y 74 al grupo experimental. Las conclusiones del estudio destacan que las metodologías activas, basadas en Pensamiento Computacional y en Makerspaces dentro de un Aula del Futuro influyen en las dimensiones STEAM del grupo experimental antes de la pandemia. Sin embargo, la pandemia y las restricciones sanitarias en las clases presenciales, han supuesto una valoración negativa del grupo experimental en las dimensiones STEAM.

Palabras clave: Pandemia, STEAM, Pensamiento Computacional, Makerspaces, Aula del Futuro, Educación Primaria. competencia lingüística, competencia matemática, TIC, motivación.

Abstract: This thesis carried out under the format of a compendium of publications, addresses the impact of ICT and specifically STEAM (for its acronym in English from science, technology, engineering, art and mathematics) in Primary Education in the Autonomous City of Ceuta. If electronic tools and devices were assuming an important role within educational methodologies, COVID-19 and confinement have accelerated this process. For this reason, the time of the pandemic and its sanitary restrictions in schools has been a factor that has been taken into account during the study. At the secondary stage, students have to choose to study science or art. However, in this study we analyse from earlier ages, specifically Primary Education, how the influence of the arts and creativity can be linked and studied transversally with STEM competence, influencing different fields and disciplines. The importance is such that even the Ministry of Education and Vocational Training has incorporated the STEM competence (includes the E for engineering) and Computational Thinking in the Primary Education curriculum established by the LOMLOE (2020). Although before these legislative updates in education, there were already educational centres that were committed to the presence of active methodologies that included ICT, creation zones and spaces with content such as robotics, block programming or Artificial Intelligence.

In addition, Information and Communication Technologies (ICT) are linked to the STEAM disciplines and immersed in the daily lives of people from increasingly early ages. ICTs have been key for adolescents to follow distance education and have led to greater use and mastery of them. For this reason, **the first study** of this thesis analyses the motivation generated by ICT in adolescents in the time of the pandemic caused by COVID-19. The objective of the study is to know the use and commitment generated by ICT in these students, in relation to gender and age, after their incorporation into the classroom caused by the

confinement of the first wave. The study method responds to a quasi-experimental design of descriptive and correlative type, supported by a quantitative method in data treatment. The data has been obtained through a validated questionnaire called use and commitment of ICT, in which a total of 924 students from the 6th year of primary education in the autonomous city of Ceuta (Spain) have participated, aged between 10 and 13 years. The results reveal that the motivation, use and commitment of ICTs at these ages is medium-high, in addition, boys present a higher assessment in all the variables analyzed and, both in gender and age, there is a correlation, in addition, if there are predictive factors. In conclusion, the use and engagement of ICT in students in 6th grade of primary education, after the period of confinement, is medium-high. Boys present a higher assessment than girls and, both in gender and age, there is a correlation and predictive factors.

The **second study** investigates the impact generated by the use of STEAM in education, specifically in the development of linguistic and mathematical skills. The learning results were obtained from the external evaluation tests carried out by the National Institute for Educational Evaluation (INEE), over a period of four years. 242 students from the third level of Primary Education from an educational centre in the city of Ceuta located in a disadvantaged area participated in the study. The objectives of the study were to describe the learning results obtained in both competencies according to the gender and immigration background of the students' parents, to compare the results obtained before and during the use of STEAM, and to determine if there is a correlation between the comprehension writing and problem solving. This is a descriptive quantitative study, cross-sectional and correlational. The results of the research show that the transversal and coordinated use of STEAM improves the learning outcomes of linguistic competence and mathematical competence of students in the third year of Primary Education, especially oral expression and comprehension and calculation. The results are, in general, more positive in the case of girls and students whose parents were born in Spain. The study also revealed that there is a positive correlation between reading comprehension and problem solving.

The demand for professionals who access the labor market requires knowledge and disciplines towards the STEAM areas. Schools are the first link to train competent students for today's society. However, the pandemic has conditioned the teaching-learning methodologies based on promoting STEAM in educational centres, a reason that leads us to carry out **the third study** of the thesis, whose main objective of the research is to evaluate the STEAM dimensions in 6th grade of Primary Education in times of pandemic. The study method is based on a quasi-experimental, descriptive and correlational design with an experimental group and a control group. The data has been collected through a validated questionnaire, pre-test and post-test, which measures "Co-Measure: Development of an evaluation for the collaboration of students in STEAM activities". The sample is made up of 142 Spanish students, of which 68 belong to the control group and 74 to the experimental group. The conclusions of the study highlight that active methodologies, based on Computational Thinking and Makerspaces within a Classroom of the Future influence the STEAM dimensions of the experimental group before the pandemic. However, the pandemic and the health restrictions in face-to-face classes have led to a negative assessment of the experimental group in the STEAM dimensions.

Keywords: Pandemic, STEAM, Computational Thinking, Makerspaces, Classroom of the Future, Primary Education, linguistic competence, mathematical competence, ICT, motivation.

1. Introducción

1.1. Motivación de las TIC

El uso de herramientas y dispositivos electrónicos con acceso a Internet están cada vez más asentados en la sociedad (Castellano & Pantoja, 2017; López et al., 2019). Actualmente, las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) son recursos integrados en las rutinas diarias, no solamente en personas, sino también en adolescentes y niños, tanto en el ámbito escolar como en el familiar (Drakopoulos & Vlasios, 2021). En este sentido, una de las consecuencias de la pandemia provocada por la COVID-19, ha sido la de poner de manifiesto la importancia de saber usar y manejar las diferentes tecnologías para la comunicación, tanto en los entornos escolares como familiares (Gómez & Mediavilla, 2021). En este periodo, los estudiantes hicieron un uso más frecuente de dispositivos inteligentes, en comparación con el periodo antes de la pandemia (Serra et al., 2021). Los estudiantes aprendieron a manejar las TIC y los recursos de Internet por sí mismos, sin tener conocimientos previos, sin asignaturas específicas y sin el apoyo de los maestros (Borgonovi & Pokropeg, 2021; Panskyi et al., 2021). Este hecho ha puesto de manifiesto la motivación y compromiso que las TIC (Moreno et al., 2021) han promovido durante la etapa de Educación Primaria con el uso de dispositivos tecnológicos como el ordenador, el portátil, la Tablet y el Smartphone (Moreno et al., 2019a). Las habilidades que se ponen en juego con el uso de estos dispositivos y recursos TIC son un hecho normalizado en la actualidad (Díaz et al., 2020), los jóvenes los utilizan para comunicarse entre sí y expresarse (Murillo & D'Antonio, 2019).

Aunque no existe una idea clara de qué tipo de condiciones laborales, nivel de ciencia y tecnología les espera a los estudiantes en el futuro (Moreno et al., 2020a), hoy en día sí se perciben las desigualdades en el acceso y uso de las TIC. Actualmente es un tema sumamente preocupante. La importancia de integrar la competencia digital en la educación de los adolescentes traspasa las barreras de la escuela (Vila et al., 2020). Es por ello que se habla de la denominada brecha digital o tecnológica entre aquellos estudiantes que utilizan las TIC, en uno o en varios ámbitos, como puede ser el escolar y/o el familiar (Hietajärvi et al., 2014). Los intentos teóricos para comprender la dinámica de estas desigualdades son escasos y han generado poco conocimiento científico (Ghobadi & Ghobadi, 2015; McCahey et al., 2021). No obstante, las investigaciones van más encaminadas al desarrollo sustancial de las tecnologías digitales y al requisito de alfabetización digital de los ciudadanos para su vida laboral, social y personal (Zaranis, 2014).

Las principales investigaciones sobre la motivación que generan las TIC en adolescentes, están relacionadas con el ámbito educativo, especialmente en cómo influye el uso de las TIC en los hogares y en la escuela con el rendimiento en la comprensión lectora (Ma & Qin, 2021; Serra et al., 2019; Vázquez & Huertas, 2018), las matemáticas (Lezhnina & Kismihók, 2021; Odell et al., 2020) y las ciencias (Kaya & Inci, 2021; Lezhnina & Kismihók, 2021; Odell et al., 2020; Özkan & Noyan, 2021) de los estudiantes. En estos tres campos o áreas de conocimiento, existen diferencias en el rendimiento académico. Durante la pandemia, el uso de las TIC ha crecido entre los adolescentes y confían más que nunca en la tecnología para sus estudios (Karapanos & Hawlitschek, 2021).

Desde los diferentes ámbitos de la sociedad, debemos promover entre los estudiantes la facilidad en el uso de las TIC, que pueden ayudar a motivar, complementar, enriquecer y transformar la educación (Srijamdee & Pholphirul, 2020). Entre las principales características que destacan de las TIC y que se ven influenciadas en el ámbito educativo, son la ubicuidad (Moreno et al., 2020b) y el aprendizaje colaborativo. Las TIC mejoran las habilidades y actitudes que derivan en cambios del alumno, a través de la apropiación en el rol de seguimiento, incentivando la promoción de la autonomía y la acción voluntaria en el aula. Este hecho produce un importante

aporte social que evidencia el protagonismo y el comportamiento ciudadano (Pereira & Marques, 2020) desde enfoque constructivista y una metodología colaborativa (Corujo, 2020).

Analizar el uso de las TIC y sus variables en este periodo es muy importante porque aporta una visión más clara sobre los efectos de la motivación y del rendimiento académico en este alumnado (Kaya & Inci, 2021). Estas investigaciones pueden crear un sistema de alerta temprana, que pueda identificar a los estudiantes en riesgo de no desarrollar correctamente la competencia lectora adecuada en el futuro (Vázquez & Huerta, 2021). En este sentido, existen estudios que vinculan la fácil disponibilidad y autonomía de las TIC con el rendimiento negativo en la lectura, especialmente en el hogar (Serra et al., 2021; Vázquez & Huerta, 2021). Sin embargo, su uso adecuado en las escuelas tiene efectos muy positivos (Gniewosz et al., 2014; Skavarc, 2021). Así, la autonomía de los centros educativos sobre las TIC en países como Singapur o Turquía antes de la pandemia, ofrecían una relación positiva con el rendimiento científico y el matemático (Lezhnina & Kismihók, 2021; Özkan & Noyan, 2021).

1.2. Impacto de STEAM en las competencias

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) define el término competencia como un aprendizaje que se desarrolla a lo largo de la vida y que comporta no sólo saber conocimientos, sino también saber hacer y aplicar los conocimientos a las situaciones cotidianas (OCDE, 2017). En España, la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero señala que “el éxito en la vida de un estudiante depende de la adquisición de un rango amplio de competencias” (2015, p.1). El responsable de coordinar las evaluaciones del sistema educativo español en colaboración con países europeos es el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE), concretamente los conocimientos y competencias del alumnado, además de la calidad docente y los centros educativos de enseñanza (INEE, 2017)

La Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, divide estas competencias en: comunicación lingüística, competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, competencia digital, aprender a aprender, competencias sociales y cívicas, sentido de iniciativa y espíritu emprendedor y, por último, conciencia y expresiones culturales. Esta investigación se centra en las dos primeras, la lingüística y la matemática. El INEE evalúa la competencia lingüística a través de cuatro ámbitos: comprensión oral, comprensión escrita, expresión oral y expresión escrita, siendo la lectura, el eje para el desarrollo de todas las áreas. La competencia matemática es analizada bajo dos ámbitos; el cálculo y la resolución de problemas.

La Ley Orgánica 8/2013 de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE), en su art. 20.3 (en vigor durante la realización de este estudio), establece la realización de una evaluación, de carácter diagnóstico, en tercer curso de Educación Primaria en las competencias lingüística y matemática “en la que se comprobará el grado de dominio de las destrezas, capacidades y habilidades en expresión y comprensión oral y escrita, cálculo y resolución de problemas” (2013, p.16). El objetivo de esta evaluación es ofrecer datos e información a la comunidad educativa y permite comprobar el grado de desarrollo de las competencias lingüística y matemática, tanto a nivel interno, entre el alumnado de un mismo centro y según sus características, como externo, con estudiantes de otros centros.

En la muestra de esta investigación existe un gran porcentaje de estudiantes con antecedentes inmigrantes y que utilizan una lengua materna diferente al idioma local en su vida cotidiana, encontrando desventajas que afectan al desarrollo y la comprensión en todas las asignaturas de la escuela primaria (Haramija, 2021). Entre ellas la competencia matemática, aplicando destrezas y habilidades en el uso de números y operaciones, las magnitudes, las medidas y formas del entorno.

Los bajos resultados obtenidos en estas pruebas de evaluación externa, por parte del alumnado de 3º nivel de Primaria, en un Centro público de Educación Infantil y Primaria (CEIP) de la ciudad de Ceuta, en 2015, llevó al colegio a proponer, en el marco de lo previsto en el artículo 18.4 de la LOMCE, la incorporación de una nueva asignatura de libre configuración, sustentada en STEAM-EDU (ciencia, tecnología, ingeniería, artes y matemáticas en el ámbito educativo). STEAM surge en la última década (Lin y Tsai, 2021) y es una metodología que está siendo objeto de gran interés en distintas experiencias de aprendizaje (Bush et al., 2020).

Esta nueva asignatura, denominada “Cultura digital” e impartida en toda la etapa de Educación Primaria, tiene como eje el uso de STEAM-EDU, además integra de manera transversal contenidos del área de lengua castellana y literatura y el área de matemáticas. Influida por la motivación que genera los dispositivos digitales y el ritmo rápido con el que las innovaciones electrónicas de todo tipo se trasladan a la vida cotidiana, la materia “está marcando una nueva era en la aplicación de procesos de enseñanza y aprendizaje innovadores y motivadores” (Hinojo y otros, 2020, p.1). Sus bloques de contenidos giran, principalmente, en torno al pensamiento computacional (programación y robótica) y las tecnologías multisensoriales (creación de mundos virtuales y videojuegos, impresión en 3D o realidad aumentada) por sus múltiples posibilidades para abordar contenidos de todas las áreas y en diferentes edades, debido a su carácter transdisciplinar, ya que “implica fusionar disciplinas más allá de sus límites disciplinarios” (Wu, Cheng, y Koszalka, 2021, p.139). Aunque la materia tiene sus elementos curriculares propios, estos son complementados de forma coordinada con los equipos de nivel, con contenidos de las áreas troncales. dada su transversalidad con la competencia lingüística y su relación con la resolución de problemas (Condori y Sosa, 2019), a la vez que desarrolla la competencia digital. Su finalidad es doble: por una parte, incrementar la motivación del alumnado por el aprendizaje en un contexto desfavorecido, donde el español es utilizado como segunda lengua por la mayoría del alumnado y, por otra, contribuir a la mejora de las competencias lingüística (expresión oral, expresión escrita, comprensión oral y comprensión escrita) y matemática (cálculo y resolución de problemas) a través de las TIC y STEAM-EDU.

Esta investigación, tras tres años aplicando STEAM-EDU en el área de Cultura Digital del centro educativo, analiza si se ha producido variación en los resultados de evaluación de las pruebas realizadas por el INEE en el alumnado de 3º de Educación Primaria, concretamente en lo relativo a la competencia lingüística y matemática, y si existe alguna correlación entre algunos de los componentes de dichas competencias.

1.3. Las disciplinas STEAM

Las TIC en educación se utilizan con mayor frecuencia como canal de comunicación y colaboración en línea entre profesores y alumnos, sin embargo, tras la COVID-19 su uso se ha acelerado. Incluso, (Choi, 2022) señala esta época como la Cuarta Revolución Industrial, donde es necesario cultivar talentos de convergencia creativa que puedan lidiar con la incertidumbre y coexistir con la tecnología. Los docentes y estudiantes se han adaptado a nuevos aprendizajes con distanciamiento social y la demanda de nuevos métodos de enseñanza está creciendo en el campo educativo (Chan & Hyun, 2022). Los cambios sociales y los avances tecnológicos plantean cambios en los modelos de enseñanza y aprendizaje. Es un hecho, la necesidad de incorporar nuevos enfoques metodológicos (Vargas et al., 2020) que potencien la creatividad, la capacidad para resolver problemas y el desarrollo de nuevas competencias digitales en el alumnado (Casado & Checa, 2020; Ruíz et al., 2020). En este sentido, las TIC estimulan respuestas positivas en los estudiantes y favorecen su atención hacia las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) (Sánchez, 2019; Toma & Greca, 2018), especialmente, cuando se trabajan de forma transversal e integrada a nivel curricular (Kim & Kim, 2018).

Los enfoques STEAM incorporan la (A) de las artes y la creatividad en la educación al término STEM (Conradty & Bogner, 2020); Santillán et al., 2020), de esta manera el aprendizaje es más integrado, significativo y atractivo para los estudiantes (Makrakis, 2018). Es una construcción relativamente nueva en la educación (Marín et al., 2021) y puede mejorar a través de programas educativos específicos (Ozkan & Umdu, 2021). STEAM aumenta el interés en enfoques pedagógicos que pueden traer nuevos métodos para la innovación y la sociedad (Colucci, 2019). STEAM-EDU permite cultivar estudiantes con talento atendiendo a la demanda de profesiones de la sociedad actual (Xue, 2022), ligadas al uso de dispositivos y herramientas tecnológicas, como pueden ser ingenieros, programadores, informáticos o líderes en proyectos (Anisimova et al., 2020; Vargas et al., 2019). Por este motivo, el ámbito educativo debe ser el eje y la base del futuro económico mundial ante las necesidades de habilidades emergentes del mercado laboral (Anito & Morales, 2019) y debe adoptar estrategias de anticipación en la educación (Nepeina, 2020). Sin embargo, existe poca investigación sobre metodologías y recursos didácticos de STEAM-EDU entre los docentes (Greca et al., 2021; Hong et al., 2020).

Este estudio investiga diferentes disciplinas y áreas STEAM-EDU, entre ellas la multidisciplinariedad, interdisciplinariedad y transdisciplinariedad (De la Garza, 2019; Gao et al., 2020; Staribratov & Manolova, 2022). Estas disciplinas tienen repercusión en competencias como la lingüística o matemática (Dúo et al., 2022a; Kazakoff et al., 2012), además, notables efectos en la actitud de aprendizaje y la motivación, la confianza, el éxito de los estudiantes y las relaciones entre estudiantes y maestros aumentan (Dúo et al., 2022^a; Elmi, 2020; Huang, 2020). STEAM-EDU, confirma que un estudiante puede concebir más de una disciplina ocupando el mismo horario escolar y espacio curricular (Davies & Trowsdale, 2021).

Otras disciplinas relacionadas con STEAM-EDU dentro de la literatura científica, son la interacción entre pares y la resolución de problemas, en la cual STEAM-EDU tiene una influencia dominante (Pahmi et al., 2022). En este sentido, el desarrollo social y el trabajo por proyectos o en equipos permiten un aprendizaje del mundo real a través de la investigación, la colaboración y la comunicación positiva en el aula (Chan & Hyun, 2020; Chang et al., 2021; Chung & Li, 2021; Urgiles et al., 2022). En este proceso juega un papel importante el pensamiento crítico aula (Dubek et al., 2021) que permite una interacción y autoevaluación de los estudiantes utilizando la tecnología digital. El aprendizaje se facilita cuando todos los estudiantes, más o menos experimentados, organizan su trabajo de manera que les permita a todos los participantes la oportunidad de ver, discutir y participar en resolución de problemas y en prácticas compartidas (Al-Mutawah et al., 2022).

2. Marco teórico

2.1. Las TIC en el ámbito educativo

Hoy en día en el ámbito educativo, concretamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula, es inimaginable sin el uso de las TIC (Delic & Gadzo, 2018). Los docentes tienen la idea que las TIC son una herramienta didáctica que permite diferentes enfoques, aumentando así, en general, la calidad de la enseñanza y el aprendizaje (Veiga & Andrade, 2021). Esto se relaciona directamente con la necesidad de que el alumnado posea una competencia digital más allá de la mera búsqueda de información (Aesaert et al., 2015). La alfabetización en TIC es una competencia interdisciplinaria, indispensable para los estudiantes (Senkbeil et al., 2019). Además, la motivación por el uso las TIC se conecta con otros conceptos como el de las emociones (Pons & Llorent, 2022), siendo valiosas en el trabajo con colectivos vulnerables y desfavorecidos (Ochoa et al., 2019). El alumnado actual necesita un aprendizaje significativo y personalizado según sus características particulares y que le permita desarrollarse con éxito en la sociedad digital en la que interactúa (Sola et al., 2020).

Por otro lado, los estudios ponen de manifiesto la influencia existente en el rendimiento académico evaluado digitalmente en aquellos estudiantes con acceso, uso e interés moderado en los recursos TIC, tanto dentro como fuera de la escuela (Gubbels et al., 2020). A su vez, la diversidad de conocimientos y recursos que generan los dispositivos tecnológicos e Internet, provocan un impacto en la motivación e interés del estudiante en todos los ámbitos de su vida cotidiana (en la escuela, en relaciones sociales, en la familia, acceso a la información y el conocimiento, realizar tareas, entretenimiento...) (Lepicnik et al., 2016; Romero et al., 2019). Así, el uso de las TIC tiene el potencial de transformar el proceso de enseñanza-aprendizaje y gestionar de manera efectiva la adquisición de nuevos conocimientos (Jamieson & Finger, 2009), es decir, con dispositivos electrónicos e Internet un estudiante puede aprender y reforzar contenidos educativos desde cualquier sitio. Esto ha generado nuevas oportunidades y desafíos sobre las ideas y las prácticas educativas (Andyani et al., 2020). Por otro lado, el impacto de las TIC en la educación se puede manifestar por los cambios que se promueven en la metodología, en el entorno y en el contenido de la enseñanza. También puede tener repercusión en la interacción profesor-alumno que facilita enormemente la enseñanza y el aprendizaje (Wang & Dostál, 2017). Estos factores enriquecen nuevas alternativas pedagógicas y brindan a los estudiantes experiencias significativas con mejores oportunidades de aprendizaje (Gutiérrez et al., 2020).

El acceso a las TIC y a la conexión a Internet ha tenido un crecimiento importante a lo largo de estos últimos años. Esto ha impulsado una participación igualitaria, activa, crítica y efectiva en los estudiantes (Zubiria et al., 2019). No obstante, aunque los factores que influyen en la elección de carrera en ciencia y tecnología según el género pueden ser identificados desde la escuela primaria (Murillo & D'Antonio, 2019), el acceso y la motivación que generan las TIC, según la edad y el género en niños entre 10 y 13 años, pueden variar según diferentes tipos de escenarios (Segura et al., 2020; Stuchlikova, 2016). De esta manera, las niñas poseen diferentes intereses en cuanto a la motivación, la participación, la cooperación y la adicción tecnológica frente a los chicos (López et al., 2019). Mientras las chicas utilizan las TIC con fines educativos, los chicos la emplean con prácticas de interacción social (Vekiri, 2013). Sin embargo, la edad y el sexo no son factores esenciales en la consecución de resultados académicos en el ámbito educativo relacionados con las habilidades digitales (Castellano & Pantoja, 2017). Así, las escuelas no pueden igualar las diferencias sociales relacionadas con el uso de las TIC en los hogares, ya que estas dependen en estas edades mayoritariamente de las propias familias (Zubiria et al., 2019). Aunque es cierto que sí brindan la oportunidad al alumnado para ser más activo, mejorar y tener una mayor motivación (Stuchlikova, 2016).

La integración efectiva y compromiso de las TIC en la vida cotidiana juega un papel fundamental para mantener relaciones sociales y motivacionales en la alfabetización digital (Blau et al., 2020; Senkbeil, 2018), incluso pueden llegar a ser mediadores entre el interés por las tecnologías y el compromiso social que generan las TIC (Gniewosz et al., 2014). Los adolescentes poseen unos conceptos básicos relacionados con el uso de videojuegos, compartir información o el envío de fotos y vídeos a sus amistades, como parte de su vida diaria (Murillo & D'Antonio, 2019). Existen múltiples factores que intervienen en el uso de las TIC entre los adolescentes, estos dependen del nivel de escolaridad, situación económica, habilidades digitales y lugar de residencia, así como la presencia de dispositivos electrónicos en el hogar (Martínez & Fierros, 2022). Aquellos adolescentes con mayor uso de dispositivos electrónicos tienen prevalencia a usar las redes sociales, aunque no siempre para fines educativos, más bien, recreativo (Botuzava, 2020; Skarvc et al., 2021). En este sentido, la colaboración online tiene el potencial de desarrollar habilidades de alfabetización digital, pero puede afectar a los resultados académicos de los niños y adolescentes (Gómez & Mediavilla, 2021; Skarvc et al., 2021), a su bienestar psicológico y social (Blau et al., 2020), así como a su aspecto cognitivo-motivacional (Kunina & Goldhammer, 2020).

2.2. Las TIC en entornos desfavorecidos

La sociedad actual muestra una diversidad (género, cultural, religiosa, económica...) que se traslada a las aulas, donde los estudiantes son igualmente distintos. En los últimos años ha aumentado el número de alumnado inmigrante en los centros educativos (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2019) y estos se ven en la necesidad de dar una respuesta adecuada a esta diversidad. Sin embargo, las escuelas españolas no parecen estar preparadas para afrontar esta realidad y ofrecer una educación equitativa adaptada a las nuevas demandas (Caballero, 2018). El empleo de las TIC puede favorecer la igualdad de oportunidades en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ofreciendo una formación más inclusiva e intercultural (Garrote et al., 2018). Los centros educativos deben afrontar los retos de preparar ciudadanos competentes para el futuro y las TIC son herramientas útiles para combatir el fracaso escolar, atender a la diversidad, fomentar la lectura y favorecer la inclusión (Ramos et al., 2020, Vázquez et al., 2020). El empleo de las TIC correlaciona positivamente con actividades profesionales reconocidas socialmente y la percepción de mejores salarios en el futuro (Karpíński et al., 2021).

Salmerón y Delgado, afirman que “en la era digital, la introducción de tecnologías digitales en las aulas es una realidad necesaria e imperativa” (2019. p.2), aunque su uso excesivo puede tener consecuencias adversas (Vázquez et al., 2020). Los cambios sociales y los avances tecnológicos en el siglo XXI plantean cambios en los modelos de enseñanza y aprendizaje y la necesidad de incorporar nuevas metodologías que potencien la creatividad, la capacidad para resolver problemas y el desarrollo de nuevas competencias digitales en el alumnado (Casado & Checa, 2020; Ruíz et al., 2021). Las TIC estimulan respuestas positivas en los estudiantes y favorecen su atención hacia las áreas STEM (Toma y Greca, 2018), especialmente cuando se trabajan de forma transversal e integrada a nivel curricular (Kim & Chulhyun, 2018). La adquisición de competencias se sustenta en un enfoque globalizador, generando un vínculo directamente con el logro de habilidades STEM (Ferrada et al., 2020, p.22-2).

Los beneficios de estudiar desde la lengua materna y desde los primeros años de escolarización evidencian mejores resultados en PISA. Es necesario fomentar el apoyo, desde edades tempranas, a aquellos alumnos y grupos más desfavorecidos (Pholphirul, 2017). Además, “la segregación escolar por antecedentes socioeconómicos es una característica de la mayoría de los sistemas educativos y tiene un impacto negativo en los resultados educativos de los niños pobres” (Prieto et al., 2020, p. 1). Las disciplinas STEAM en el ámbito educativo contribuyen también a reducir la brecha de género en los campos profesionales de ciencia y tecnología, para que las mujeres participen en igualdad de oportunidades en todos los campos de la ciencia (Guenaga & Fernández, 2020; Kijima y Sun, 2021). De igual forma, “la educación STEAM puede animar a los estudiantes de primaria a reflexionar sobre el razonamiento científico y el pensamiento crítico” (Bassachs et al., 2020, pp. 10). Esta metodología, con la ayuda de las TIC, influye en el desarrollo de la expresión y comprensión oral, además en el proceso de enseñanza del análisis matemático (Botuzova, 2020) y es una poderosa herramienta didáctica que involucra a los niños en el trabajo activo, desarrolla su interés cognitivo, promueve un mejor aprendizaje y potencia la efectividad del aprendizaje (Lavrenova et al., 2020) presentando una forma innovadora de mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas (Makonye, 2020). Por todo ello, “el alumnado actual necesita un aprendizaje significativo y personalizado según sus características particulares y que le permita desarrollarse con éxito en la nueva sociedad digital en la que se encuentra” (Sola & et al., 2020, p. 19).

2.3. STEAM en educación

En el ámbito educativo, las TIC están abriendo paso en los últimos años a STEAM-EDU, cuyos primeros textos científicos en educación datan del año 2006, aunque su evolución no ha sido progresiva, destacando el número creciente de producciones desde el año 2016 hasta 2020. “Es

una construcción relativamente nueva en el campo de la educación y se refiere como un movimiento, que refleja el aumento de interés en enfoques pedagógicos que pueden traer promesas para la innovación y la sociedad” (Colucci et al., 2021, p.1). Con STEAM, nos referimos a la integración de las artes (A) y la creatividad en la educación STEM clásica en el ámbito de la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés (Conradty & Bogner, 2020), en ella, el alumnado adquiere habilidades de programación que pueden transferirse a otras materias y contribuir al desarrollo de competencias como la comprensión lectora o las matemáticas (Kazakoff et al., 2012), siendo el eje central sobre el que versa este trabajo de investigación.

Existe controversia entre los expertos STEAM, en la forma que esta debe implantarse en el sistema educativo y en los propios centros escolares. Por una parte, están los expertos que recomiendan que se desarrolle de manera transversal desde todas las áreas del currículo, permitiendo a los docentes presentar sus lecciones integradas, mientras al alumnado aprende haciendo (Webb & LoFaro, 2020), además consideran que es imposible que una sola persona pueda enseñar STEAM transversalmente a través de una asignatura, puesto que no tiene conocimientos en otros campos del currículo (Lu & Ma, 2019). Por el contrario, están quienes son partidarios de establecer un área dentro del currículo, para asegurar una línea metodológica común entre el alumnado, especialmente cuando existe escasa formación TIC del profesorado en el claustro, en la que se incluya una asignatura específica, como por ejemplo “enseñar a programar” y no entenderla como una asignatura “Cajón de sastre” (Llorens et al., 2017, p.8).

Las áreas STEAM ofrecen enfoques multidisciplinares, interdisciplinares y transdisciplinares, adecuados para conseguir los resultados de aprendizaje (De la Garza, 2019). En este proyecto el centro de referencia basa su metodología principalmente en el pensamiento computacional, “que está adquiriendo gran importancia debido a la evolución de las nuevas tecnologías, creándose así, una tendencia mundial que considera la programación en el aula como una actividad fundamental del presente y del futuro” (Álvarez, 2017, p. 45), además, “está considerado actualmente como una de las competencias más demandadas y, de ahí, su planteamiento en el contexto educativo” (Roig & Moreno, 2020, p. 1).

2.4. Pensamiento computacional y tecnologías multisensoriales

Aunque STEAM engloba múltiples disciplinas para incorporarse en la escuela como estrategia de aprendizaje, el centro educativo de referencia opta por dos en la etapa de primaria. En primer lugar, el pensamiento computacional y la robótica, y por otro, las tecnologías multisensoriales.

Es tal el auge que está teniendo este tipo de metodología innovadora, que el Ministerio de Educación y Formación Profesional (MEyFP), a través del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), está desarrollando proyectos en colaboración con las diferentes comunidades y ciudades autónomas españolas, creando una escuela de pensamiento computacional, cuyo “objetivo de la escuela es ofrecer recursos educativos abiertos y formación que ayuden a los docentes españoles a incorporar esta habilidad a su práctica docente a través de actividades de programación y robótica” (MEyFP, 2020). Son varias las comunidades autónomas en el territorio español, como Andalucía y Navarra, que integran un área específica de pensamiento computacional y robótica en Primaria en su currículo, sin embargo, en otras como Ceuta o Cantabria, no tienen esta asignatura. Según Aula Planeta, el objetivo es dar un uso correcto y responsable de las herramientas tecnológicas e Internet a los estudiantes y aprovechar todas las opciones que las TIC les aporta en su aprendizaje, colaboración, discusión, trabajo colaborativo y un aprendizaje significativo y experimental.

En primer lugar, el pensamiento computacional se encuentra “avalado por numerosos estudios que demuestran los efectos positivos en relación con la creatividad y la capacidad de resolver problemas, siendo estas habilidades necesarias para que los individuos puedan enfrentarse

a los desafíos del siglo XXI” (Casado & Checa, 2020, p.51). El aprendizaje STEAM en general, y en particular el pensamiento computacional, están integrándose desde las etapas de educación infantil y primaria en los centros educativos, aunque de manera desigual, (INTEF, 2019), debido a que proporcionar experiencias de aprendizaje enriquecedoras y desarrollan habilidades en la resolución de problemas que son accesibles para los estudiantes (Mengmeng et al., 2019). Además, los Makerspaces, entendido como espacios para fomentar la creatividad y el aprendizaje colaborativo a través de las TIC (Freundt, 2019), provoca que los estudiantes experimenten, planifiquen, discutan, reflexionen... favoreciendo el aprendizaje por proyectos y descubrimiento, atendiendo a la diversidad con un aprendizaje significativo que aumenta la motivación y participación del alumnado, facilitando la adquisición de contenidos y conocimientos de manera gamificada y lúdica (Suárez et al., 2018). El pensamiento computacional, dado su carácter interdisciplinar permite aprender otras habilidades y contenidos mientras se programa y codifica, siendo un lenguaje basado en un conjunto de normas y reglas en forma de bloques, para alumnos de primaria que informan acerca de la ejecución que debe realizar un programa (Miller, 2019), es aquí los beneficios que aporta en el ámbito lingüístico, en la lectura y comprensión lectora y como consecuencia en la resolución de problemas matemáticos (Miller, 2019; Molina et al., 2020).

En segundo lugar, las tecnologías multisensoriales o inmersivas, aquellas en las que el alumnado puede interactuar con las máquinas y adentrarse, como la realidad virtual, realidad aumentada, las impresiones 3D, excursiones virtuales o simulaciones de videojuegos tienen un papel emergente en la educación y potencial particular para apoyar metodologías basadas en STEAM-EDU, además, estimulan las redes atencionales del alumnado, provocando una mayor curiosidad y motivación en contenidos de mayor abstracción en las primeras etapas educativas, que afecta a la participación y los resultados de aprendizaje de los estudiantes, siendo una de las ayudas que mejor puede incorporarse con éxito para mejorar la enseñanza (Demirkiran & Tansu, 2021; Taljaard, 2016).

Estos dos ejes, apoyan los conocimientos que el alumnado debe poseer en la inserción al mundo laboral en su futuro, debido a que el sector económico mundial está cambiando, impulsado por el avance de las tecnologías en las industrias que están haciendo que las máquinas sustituyan a los humanos, por lo que es conveniente adquirir nuevas habilidades en estas disciplinas (Anito & Morales, 2019). El conocimiento de estos recursos STEAM, aplicados transversalmente como contenidos de las diferentes áreas del currículo, necesitan de tiempo y experiencia para que llegue a plantearse como un “plan de estudios totalmente transdisciplinario en los centros educativos” (Wu et al., 2021, p. 159), principalmente el problema es la falta de formación docente que implementen actividades de enseñanza enfocadas a la práctica en competencias de diseño e investigación, como puede ser la robótica (Anisimova et al., 2020). Para ello, es importante conocer el marco teórico que sostiene cualquier proyecto STEAM, para concretar directrices sólidas para la ciencia, educadores y profesores encargados de planificar en la escuela un plan educativo STEAM y así, poder enseñarlo (Chu et al., 2018).

Estas disciplinas STEAM, permiten a los estudiantes familiarizarse con el mundo digital en el que vivimos, comunicarse de manera ubicua mediante un trabajo cooperativo e interactuar con mundos virtuales y robots inteligentes, consiguiendo un rol activo del alumnado mediante un aprendizaje significativo. Además, de manera transversal genera conocimiento y habilidades en otras áreas del currículo y, por consiguiente, en las competencias clave, objeto de estudio de la segunda investigación.

2.5. Disciplinas STEAM-EDU y pensamiento computacional

Una vía para desarrollar estas habilidades STEAM-EDU son las metodologías didácticas dirigidas al aprendizaje basado en problemas, proyectos y aprendizaje colaborativo, vivencial y lúdico (Subramaniam et al., 2022). También los espacios físicos, los elementos de aprendizaje y

emocionales influyen en los resultados académicos en las escuelas (Choi, 2022). Sin embargo, el impacto de las habilidades de colaboración y comunicación aún es bajo (Pahmi et al., 2022), a este hecho, hay que añadir que en los últimos años la relación e interacción entre pares de estudiantes a raíz de la pandemia de la COVID-19, ha provocado que los sistemas educativos aceleren el uso de tecnologías para relacionarse, insertando la R de aprendizaje reflexivo (Makrakis, 2018), es decir STREAM. Además, de esta manera fusiona la lectura, escritura y artes para conectar las cuatro disciplinas STEM (Subramaniam et al., 2022). Los estudiantes tienen una percepción positiva de las plataformas digitales, debido a la disponibilidad de comentarios y acceso rápido a los materiales de aprendizaje (Lim et al., 2022).

STEAM-EDU desarrolla habilidades de Pensamiento Computacional en edades tempranas (Bati et al., 2018), entendido este, como la capacidad de formular y representar problemas para resolverlos mediante el uso de herramientas, conceptos y prácticas de la disciplina informática, como la abstracción, la descomposición o el uso de simulaciones (Moreno et al., 2019b). Existen múltiples campos que permiten trabajar STEAM-EDU a través del Pensamiento Computacional como la robótica (González et al., 2021; Tengler et al., 2022), la programación por bloques o la Inteligencia Artificial que favorecen la resolución de problemas de los estudiantes (Rodríguez et al., 2021; Su et al., 2022) con beneficios para el desarrollo del pensamiento creativo (Conradty & Bogner, 2020; Herro et al., 2017). El Pensamiento Computacional “está adquiriendo gran importancia debido a la evolución de las nuevas tecnologías, creándose así, una tendencia mundial que considera la programación en el aula como una actividad fundamental del presente y del futuro” (Álvarez, 2017, p. 45). Además, “está considerado actualmente como una de las competencias más demandadas y, de ahí, su planteamiento en el contexto educativo” (Roig & Moreno, 2020, p. 1).

Este hecho, no ha pasado desapercibido en la política educativa española que ha publicado a comienzos del año 2022, un nuevo currículo e incluye el Pensamiento Computacional en el Real Decreto 157/2022 de Educación Primaria, concretamente en el área de conocimiento del medio, como método para “descomponer un problema en partes más sencillas, el reconocimiento de patrones, la realización de modelos, la selección de la información relevante y la creación de algoritmos para automatizar procesos de la vida cotidiana (pp. 24415). Este Real Decreto también introduce el Pensamiento Computacional en el área de matemáticas como una de las destrezas clave en el futuro del alumnado, “dicho pensamiento debería entrenarse y desarrollarse específicamente con metodologías y estrategias guiadas” (pp.24488). El uso de la tecnología de la información y programas informáticos en las áreas de educación, podría ser un movimiento efectivo para despertar vocaciones en los jóvenes que estén más profundamente implicados en ingeniería, modelado, robótica, habilidades de programación, inteligencia artificial... (Rodríguez et al., 2020; Yunusova, 2022). Sin embargo, el Pensamiento Computacional debe ser entendido como un apoyo o medio metodológico del alumnado para aprender de manera transversal contenidos curriculares de las diferentes áreas o asignaturas, a la vez que aprenden competencias digitales (Dúo et al., 2022c).

En la actualidad el Pensamiento Computacional en las escuelas es imperativo de innovación, pero con conocimientos y habilidades entre los educadores y profesionales (Chondrogiannis et al., 2021). Los docentes deben abordar el interés de los estudiantes que genera STEAM tomando como referencia el conocimiento previo y usar herramientas colaborativas, tutorías, materiales y métodos que imiten el mundo real mediante el aprendizaje significativo (Herro et al., 2021; Tenhorvita et al., 2022), es decir, “saber hacer”. Sin embargo, es necesario que los propios docentes posean conocimientos y habilidades en el uso de recursos tecnológicos y metodologías activas (juskeviciene, 2020; Webb & LoFaro, 2020).

2.6. Makerspaces y Aula del Futuro

El grupo experimental presente en esta investigación, concretamente en la tercera publicación, integra en su proyecto educativo los Makerspaces, es decir, espacios para fomentar la creatividad y el aprendizaje colaborativo a través de STEAM-EDU (Forte et al., 2021; Freundt, 2019). Estos espacios provocan que los estudiantes mejoren sus conocimientos haciendo uso del aprendizaje colaborativo y la tecnología, a diferencia del método tradicional (Kumar et al., 2022). En estos espacios el alumnado imagina, explora, experimenta, prueba, manipula, discute y especula (Conradty & Bogner, 2020), estas acciones favorecen el aprendizaje por proyectos y descubrimiento. Además, el uso de STEAM-EDU junto con las herramientas TIC, son útiles para combatir el fracaso escolar, atender a la diversidad, fomentar la lectura y favorecer la inclusión (Ramos et al., 2020; Vázquez et al., 2020). Las metodologías activas junto con unos espacios adaptados proporcionan un aprendizaje significativo que aumenta la motivación y participación del alumnado, facilitando la adquisición de contenidos y conocimientos de manera gamificada y lúdica (Suárez et al., 2018).

Desde la European Schoolnet en Bruselas, promueven estos Makerspaces desde el año 2012, denominado Future Classroom Lab, con el objetivo de inspirar a los docentes de la enseñanza para replantearse la educación y adecuar sus espacios, con el fin de comprender cómo pueden impactar positivamente en el rendimiento de los estudiantes (Tena & Carrera, 2020). En España, el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del profesorado (INTEF) y las diferentes consejerías de educación, implantan Aulas del Futuro (Figura 2) para dar soporte y formación a los docentes y centros educativos. Según INTEF los espacios de aprendizaje son: investiga, interactúa, explora, desarrolla, crea y presenta. El auge de los Makerspaces, conlleva que las propias escuelas estén integrando estos espacios en sus planes educativos, para compartir recursos y conocimientos entre los estudiantes, a los cuales motiva a ser pensadores, creativos y críticos, así como solucionadores de problemas, excelentes comunicadores y colaboradores (Sucheta, 2022). Los centros tienen en cuenta la organización de los espacios de aprendizaje, las competencias socioemocionales que requiere el trabajo en equipo y por proyectos, programar y diseñar actividades (Peña et al., 2021). También, los espacios permiten construir, inventar y establecer relaciones con todo tipo de herramientas y utensilios como impresoras 3D (Sánchez, 2019).

Figura 2

Espacios Aula del Futuro.



Nota. Aula del Futuro del INTEF. <https://intef.es/tecnologia-educativa/aula-de-futuro/>

En la década de la era digital y las demandas laborales STEAM, las organizaciones deben adaptar políticas e infraestructura que permitan mejoras continuas de los procesos educativos (Vargas et al., 2020). A medida que STEAM-EDU está ganando popularidad en las escuelas K-12, se necesita una evaluación de los estudiantes para identificar las dimensiones más influyentes (Herro et al., 2017). Este motivo, nos conduce al tercer estudio sobre la interacción entre pares, la

colaboración, la comunicación, la investigación y el pensamiento transdisciplinario en la resolución de problemas que ofrece STEAM tras la aparición de la COVID-19.

3. Justificación y objetivos de la investigación

3.1. Justificación y objetivos de la primera investigación: La motivación y las TIC

La pandemia provocada por la COVID-19 ha generado en el ámbito educativo la necesidad relacionada con el uso, aprendizaje y dominio de las TIC en línea (Mailizar et al., 2020). Manejar las herramientas y dispositivos electrónicos, en las escuelas y en los hogares, ha generado una necesidad en edades tempranas y requiere de una formación digital desde las escuelas para su uso correcto en plataformas, recursos o aplicaciones. Sin embargo, los jóvenes de hoy en día utilizan las TIC con bastante frecuencia y con finés diferentes, generando diferentes tipos de motivación y rendimiento académico según el género y la edad de los estudiantes (Gutierrez et al., 2020; López et al., 2019; Ochoa et al., 2019; Pons & Llorent, 2022; Senkbeil et al., 2019). A raíz de este contraste surge la primera investigación, para ampliar el conocimiento sobre el grado de interés, socialización, autonomía y competencia digital que generan las TIC en el alumnado de Educación Primaria en época de pandemia.

El objetivo prioritario en este primer estudio es *conocer la motivación y el compromiso generado por las TIC en el alumnado de 6º de Educación Primaria en los hogares y escuela*, después de su incorporación a las aulas tras el confinamiento de la primera ola de la pandemia COVID-19. Este objetivo general conduce a la formulación de los siguientes objetivos específicos:

- Conocer la motivación generada por el uso y compromiso de las TIC durante la primera del confinamiento en el alumnado de 6º de Educación Primaria.
- Identificar la influencia del género en la motivación de los estudiantes de 6º de Educación Primaria en el uso de las TIC tras el confinamiento de la primera ola de la COVID-19.
- Determinar la influencia de la edad en la motivación de estudiantes de 6º de Educación Primaria en el uso de las TIC tras el confinamiento de la primera ola de la COVID-19.

A partir de estos objetivos aparecen las siguientes preguntas de investigación:

- PI₁: ¿Cuál/es de las variables analizadas presentan mayor influencia en el uso de las TIC?
- PI₂: ¿Influye el género en la motivación del estudiantado de cara al uso de las TIC después de la pandemia?
- PI₃: ¿Influye la edad del estudiante después del confinamiento en el grado de motivación y en qué áreas de estudio?

3.2. Justificación y objetivos de la segunda investigación: Impacto de STEAM en las competencias lingüística y matemática

La irrupción de los dispositivos electrónicos y su uso, tanto dentro como fuera de la escuela en la etapa de Educación Primaria, está modificando la manera de aprender, incrementando el acceso a la información y modificando el tipo de interacción con los textos, en lectura y en escritura (Moreno et al., 2021). Además, a los estudiantes de todos los niveles, se les presentan dificultades en la resolución de problemas matemáticos que requieren de comprensión y lectura (Ozcan & Dogan, 2018). Las ayudas que ofrecen las tecnologías de la información y comunicación, permiten establecer estrategias metodológicas innovadoras que mejoran la motivación y la adaptación del alumnado (Demirkiran & Tansu, 2021), atendiendo a las características de cada centro educativo.

Por este motivo, la finalidad del segundo estudio es *analizar el impacto de STEAM-EDU en el desarrollo de las competencias lingüística y matemática*, a través de los resultados de aprendizaje obtenidos por estudiantes de tercer curso de Educación Primaria, con un contexto desfavorecido, en las pruebas del INEE. Esta finalidad se concreta en los siguientes objetivos:

- Describir la evolución de los resultados de aprendizaje en la competencia lingüística del alumnado de tercer curso de Educación Primaria, en las pruebas del INEE, durante la aplicación de STEAM-EDU y, según el sexo y los antecedentes de inmigración de sus progenitores.
- Describir la evolución de los resultados de aprendizaje en la competencia matemática del alumnado de tercer curso de Educación Primaria, en las pruebas del INEE, durante la aplicación de STEAM-EDU y, según el sexo y los antecedentes de inmigración de sus progenitores.
- Comparar los resultados de aprendizaje obtenidos en las competencias lingüística y matemática antes y durante el uso de STEAM-EDU.
- Determinar si existe correlación entre la comprensión escrita y la resolución de problemas.

3.3. Justificación y objetivos de la tercera investigación: Impacto de la pandemia en las disciplinas STEAM

La situación de pandemia por la COVID-19 en marzo del año 2020 motivó en todos los países la adopción de medidas extremas para evitar la propagación del virus. En pocas semanas los sistemas educativos cambiaron y adaptaron sus metodologías a la normativa sanitaria (Román et al., 2020), incluso, las clases presenciales se suspendieron. En el contexto español, las escuelas retomaron las clases presenciales con medidas de prevención, higiene y promoción de la salud frente a la COVID-19 impuestas por el Ministerio de Educación y Sanidad de España. Entre las medidas más destacadas fue la disminución de la ratio, no mayor de 15 estudiantes por aula. También era obligatorio el uso de mascarillas y estaba prohibido el uso de las dependencias del centro, las reuniones y asambleas entre docentes y alumnos y el distanciamiento mínimo era de 1,5 metros entre los estudiantes. Tampoco podían compartir material escolar. Además, había confinamientos de 14 días en los estudiantes en el caso de resultar COVID+ o tener contacto estrecho con una persona positiva.

Tomando como referencia el marco teórico, la posibilidad de realizar actividades cooperativas entre los estudiantes quedaba limitada a las plataformas digitales, aplicaciones de videoconferencia, correo electrónico... De esta forma, el estudiante perdía la posibilidad de beneficiarse plenamente de todas las ventajas de un aprendizaje colaborativo y experiencial. Además, provocó una situación de desventaja en entornos sociodemográficos desfavorables (Corral & Fernández, 2021). Este hecho, ha generado en el ámbito educativo la necesidad relacionada con el uso, aprendizaje y dominio de las TIC (Mailizar et al., 2020). Los proyectos interdisciplinarios con metodología STEAM tras la pandemia, pueden crear una visión global y real de los conocimientos que puedan impartirse en la enseñanza (García & García, 2020). En este sentido, la pandemia de la COVID-19 ha de ser aprovechada como una oportunidad (Corral & Fernández, 2021). Este motivo, nos conduce a investigar cómo las disciplinas STEAM han podido verse afectadas.

A raíz de esta situación surge esta tercera investigación, para ampliar conocimientos sobre el impacto que la pandemia ha provocado en las disciplinas STEAM-EDU en la etapa de Educación Primaria. Analizamos y comparamos las diferentes disciplinas STEAM-EDU entre un

grupo control y un grupo experimental, este último integra en sus planes educativos el Pensamiento Computacional y el Aula del Futuro.

El objetivo principal de esta investigación es *evaluar las dimensiones STEAM en 6º grado de Educación Primaria en época de pandemia*. Las dimensiones STEAM objeto de estudio son cinco: Interacción entre Pares (PEER_INT), Comunicación Positiva (POST_COM), Múltiple Opciones (MUL_PATHS), Enfoque y tareas (AA_TASK), Pensamiento Transversal (TRANS_THINK).

Además, este objetivo general conduce a la formulación de los siguientes objetivos específicos:

- Comparar cómo influye trabajar con STEAM-EDU en cada una de las dimensiones del estudio antes de la pandemia utilizando diferentes metodologías.
- Conocer el impacto que la pandemia de la COVID-19 ha tenido en las disciplinas STEAM.

A partir de estos objetivos surgen las siguientes hipótesis:

- H₁: Las disciplinas STEAM-EDU antes de la pandemia son más efectivas con una metodología activa basada en Pensamiento Computacional y con Makerspaces frente a una metodología tradicional.
- H₂: Las disciplinas STEAM-EDU durante la pandemia son mejor valoradas en el grupo experimental frente al grupo control.

4. Metodología

El presente apartado recoge la información relativa al aspecto metodológico de la tesis, abordando desde los tres artículos que forman el compendio de la tesis el diseño de investigación empleado, la selección de los participantes, los instrumentos empleados para la recogida de datos y las variables de estudio analizadas. Asimismo, se describe el procedimiento estadístico seguido en cada uno de los estudios para el análisis de los datos.

4.1. Diseño de la investigación

En el **primer estudio** se utilizó un método experimental de diseño descriptivo y correlativo junto con un método cuantitativo para analizar los datos. Los datos se obtuvieron en el año 2020 a través de un cuestionario validado comprometido con la escala TIC usada por PISA (Programa Internacional de evaluación del alumnado por sus siglas en inglés). En la muestra participaron un total de 924 alumnos de sexto de primaria de la ciudad autónoma de Ceuta (España), con edades comprendidas entre los 10 y los 13 años.

El **segundo estudio** responde a una investigación cuantitativa que obedece a un diseño cuasi-experimental de tipo descriptivo y correlacional (Cohen et al., 2007), ya que describe de manera sistemática, objetiva y comprobable, hechos y resultados de una realidad educativa y analiza posibles correlaciones entre variables. Se apoya en un método transversal y comparativo que permite “establecer distinciones entre sucesos y variables que son repetitivos en las realidades estudiadas” (Abreu, 2015, p.209). En este caso se toman de referencia los resultados de aprendizaje obtenidos durante cuatro años (2015-2018) por alumnado de tercer curso de Educación Primaria en las pruebas de evaluación externa para la elaboración de los informes del INEE. Concretamente, los resultados correspondientes a la competencia lingüística y matemática. Los resultados de 2015 son anteriores a la incorporación de STEAM-EDU, mientras que el periodo 2016-2018 corresponde a la etapa en que se adopta dicha metodología.

La **tercera investigación** es un estudio responde a un diseño también de carácter cuasiexperimental, pero en este caso con grupos experimental y control y mediciones pre-test y post-test de tipo descriptivo y correlacional, apoyado por un método cuantitativo en el tratamiento de los datos (Hernández et al., 2014). Con el fin de proceder a una actuación correcta de la investigación, el estudio ha tenido las consideraciones de expertos en este tipo de metodologías (López et al., 2020). Además, se ha seguido la estructura de análisis de estudios de bases de datos de impacto previamente informados para llevar a cabo un método validado por la ciencia (Marín et al., 2020).

En concreto, durante el proceso de la investigación en tiempos de pandemia, las metodologías llevadas a cabo tanto por el grupo control como por el experimental, han sido similares a la tradicional, debido a las restricciones de trabajo colaborativo y distanciamiento impuestas por el gobierno de España (Figura 3). Sin embargo, el grupo experimental, antes de la pandemia utilizaban metodologías activas basadas en Pensamiento Computacional y en Makerspaces (Figura 4), mientras el grupo control utilizaba una metodología tradicional.

Figura 3

Grupo Experimental post-pandemia. Fuente propia



Figura 4

Grupo Experimental pre-pandemia. Fuente propia.



4.2. Muestra

La muestra de los tres artículos es seleccionada para obtener una visión de STEAM desde diferentes ámbitos educativos. En primer lugar, para conocer la motivación que generan las TIC, que es un factor importante de STEAM, la muestra está representada por todos los alumnos de 6 de Primaria de los diferentes centros educativos de la ciudad de Ceuta que realizaron el cuestionario. Uno de los grupos analizados en el primer estudio, forma parte del segundo estudio que analiza el impacto de STEAM en las competencias lingüística y matemática cuando cursaban 3º de Primaria, además, en el tercer estudio, también intervienen en la muestra grupos del primer estudio. De esta manera, detallamos la muestra de cada artículo.

En el **primer estudio** los sujetos participantes son 924 estudiantes, lo que supone un 78% del total de estudiantes matriculados en 6º de Educación Primaria de la Ciudad Autónoma de Ceuta (España), según los datos facilitados por la Dirección Provincial del Ministerio de Educación y Formación Profesional de esta ciudad. La población de Ceuta supera los 85.000 habitantes y destaca por su diversidad lingüística y cultural. Así, el 32% de los habitantes tiene como idioma materno el dariya, un dialecto coloquial del árabe de uso exclusivamente oral que no tiene reconocimiento oficial según los datos aportados por el informe del Consejo Escolar del Estado en 2019.

El cuestionario que PISA elaboró en 2015, fue el instrumento utilizado en noviembre de 2020 para la muestra de este estudio, el cual está compuesto por un 50,22% niñas y un 49,78% de niños, con una edad comprendida entre los 10 y 13 años, con una media de 11,08 años y una desviación típica de 0,49. El estudio se ha llevado a cabo a través de un seminario organizado por la Dirección Provincial de Educación y Formación Profesional de la Ciudad Autónoma de Ceuta y focalizado en los estudiantes de sexto de educación primaria. Este se ha realizado de manera voluntaria en todos los centros educativos que imparten esta etapa educativa de esta ciudad, a excepción de un centro, privado-concertado que decidió no participar. El total de centros participantes han sido 22 (públicos=17 y concertados=5). Estos datos son extraídos de la base de datos que ofrece de forma libre el Ministerio de Educación y Formación Profesional de España (<https://www.educacionyfp.gob.es/contenidos/ba/ceuta-melilla/ceuta/centros-educativos/infantil-primaria.html>).

En el **segundo estudio** han participado 242 estudiantes pertenecientes al tercer nivel de Educación Primaria, durante cuatro años. De ellos, 209 han realizado la prueba de evaluación correspondiente a la competencia lingüística y 222 la prueba de evaluación relativa a la competencia matemática. En la Tabla 2, se presenta la distribución de estudiantes (*n*) por años.

Tabla 2

Distribución de participantes por años.

	<i>Año 2015</i>	<i>STEAM</i> <i>Año 2016</i>	<i>STEAM</i> <i>Año 2017</i>	<i>STEAM</i> <i>Año 2018</i>
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>
<i>Competencia lingüística</i>	46	60	43	60
<i>Competencia matemática</i>	45	60	53	64

A continuación, en la Tabla 3, se presentan los porcentajes de participación del alumnado (%) en las pruebas estandarizadas, en el periodo abarcado por nuestro estudio, atendiendo al sexo, uso de recursos tecnológicos y culturales en los hogares, nivel de estudios en las familias y los antecedentes de inmigración en los progenitores.

Tabla 3

Caracterización de participantes

	2015 %	STEAM 2016 %	STEAM 2017 %	STEAM 2018 %
<i>Sexo</i>				
Hombre	52.00	50.00	38.33	37.93
Mujer	48.00	50.00	61.67	62.07
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
<i>Uso de recursos tecnológicos y culturales en los hogares</i>				
Poco o nada	22.60	38.98	21.43	30.00
Algunas veces	41.90	27.12	33.33	18.33
Frecuentemente	32.30	28.82	42.86	43.33
A Diario	3.20	5.08	2.38	8.34
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
<i>Nivel de estudios de las familias</i>				
Sin estudios	52.40	51.92	46.16	55.77
Educación básica obligatoria	35.70	25.00	23.08	25.00
Educación secundaria	9.50	15.38	15.38	13.46
Estudios superiores	2.40	7.70	15.38	5.77
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
<i>Antecedentes de inmigración de los progenitores</i>				
Ninguno de los padres nacidos en España	17.90	16.67	29.27	16.07
Al menos uno, nacido en España	59.00	66.66	53.66	53.57
Los dos padres nacidos en España	23.10	16.67	17.07	30.36
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

En el **tercer estudio** la muestra final la forman 142 estudiantes españoles, de los cuales 68 pertenecen al grupo control y 74 al grupo experimental. Se excluyeron 6 estudiantes del grupo control y 2 estudiantes del grupo experimental, por no realizar el pre-test, el pos-test o ninguno de ellos. Los centros educativos donde se desarrolla la investigación son de titularidad pública en la ciudad de Ceuta, una ciudad española situada al norte del continente africano y con más del 40% de los habitantes de religión islámica (Fernández, 2020). El centro educativo del grupo experimental fue seleccionado por incluir dentro de su proyecto educativo de centro, metodologías activas basadas en Pensamiento Computacional y poseer Aulas del Futuro con Makerspaces, como señala el INTEF en su mapa de red de centros en España (INTEF, 2022). El grupo control de estudiantes pertenece también al mismo nivel educativo, 6º de Educación Primaria. Fue seleccionado por encontrarse en la misma zona de influencia y circunscripción que el centro del grupo experimental en la ciudad de Ceuta, es decir, con las mismas características sociodemográficas para evitar sesgos. Los análisis previos realizados en esta investigación determinaron que el grupo control y el grupo experimental eran equivalentes. Este hecho permitió desarrollar la investigación de forma adecuada.

El método pedagógico desarrollado por el grupo experimental se enmarca dentro de su Proyecto Educativo del Centro. Este grupo tiene una línea metodológica para toda la etapa de primaria, desde los 6 hasta los 12 años. Por ello, este grupo de 6º de Educación Primaria ha trabajado en Pensamiento Computacional y en Makerspaces desde muy temprana edad. Esta línea metodológica incluye 4 bloques de contenido: El ordenador y su funcionamiento, Internet, Edición de imágenes audiovisuales y Pensamiento Computacional. Además, cuenta con los espacios que

la European Schoolnet de Bruselas y el INTEF aconsejan para promover metodologías activas (Figura 5). Estas zonas son: Presentar, Crear, Investigar, Interactuar, Desarrollar y Explorar. Esta forma de trabajar, alternando con la metodología tradicional, es decir, con el libro de texto como guía para el docente y el alumno, fue la dinámica de trabajo del grupo experimental. Hasta la llegada del COVID-19 y la vuelta a las clases presenciales, donde las restricciones solo permitían el uso de la metodología tradicional y no se podían utilizar estos Makerspaces.

Figura 5

Aula Futuro. Fuente propia.



4.3. Instrumentos

Para la *primera investigación* se ha utilizado un cuestionario validado sobre la motivación, el uso y compromiso de las TIC localizado tras una revisión minuciosa entre la literatura científica (Kunina & Goldhammer, 2020) (Apéndice A). Este cuestionario está constituido por un total de 21 ítems distribuidos en cuatro dimensiones: a) Interés que genera las TIC (INT) (6 ítems); b) Competencia digital percibida a través de las TIC (COM) (5 ítems); c) Autonomía percibida a través de las TIC (AUT) (5 ítems); d) Las TIC como tema de interacción social (SOC) (5 ítems).

Las diferentes variables se evaluaron mediante una escala de calificación Likert de 5 puntos (1-Nunca; 2-Casi nunca; 3-A veces; 4- Casi siempre; 5- Siempre). Con respecto a la edad y el género, se les solicitó a los estudiantes que la contestaran de manera escrita en el mismo cuestionario.

El instrumento utilizado se ha fundamentado en el instrumento validado para el contexto suizo y alemán (Kunina & Goldhammer, 2020). En nuestro caso, partiendo de los valores métricos de la validación y fiabilidad de dicho instrumento, hemos validado y fiabilizado el instrumento al contexto español. En este caso, se ha procedido a la traducción del instrumento. Esto se llevó a cabo por dos expertos en traducción. Posteriormente, se realizó, de manera cuantitativa el método Delphi (Cabero & Infante, 2014), mediante juicio de 6 expertos en el campo de la educación y en el uso de las TIC para su revisión. Asimismo, se han realizado diversos procedimientos estadísticos para comprobar la adecuación y correspondencia de las observaciones de los expertos, mediante las pruebas Kappa de Fleiss y W de Kendall que resultaron adecuadas ($K=0,83$; $W=0,87$).

La validación cuantitativa se concretó a través de un análisis factorial exploratorio, siguiendo el método de componentes principales con una rotación varimax. Se obtuvo dependencia entre las variables con el test de esfericidad (Bartlett=4671,62; $p < 0,001$). Además, el test de Kaiser-Meyer-Olkin descubrió una puntuación pertinente ($KMO=0,93$) sobre la adecuación muestral. Finalmente, se calculó la fiabilidad media del cuestionario con diferentes métodos

estadísticos como la fiabilidad compuesta ($FC=0,85$), el alfa de Cronbach ($\alpha=0,86$) y la varianza media extractada ($VME=0,79$), resultando valores que confirman adecuados índices de fiabilidad del instrumento en cuestión (Bisquerra, 2014).

El instrumento utilizado en la *segunda investigación* para conocer los resultados de la evaluación de las competencias lingüística y matemática del alumnado de tercer nivel de Educación Primaria se ha llevado a cabo aplicando las pruebas estandarizadas diseñadas por el INEE, por lo que se trata de instrumentos válidos y fiables (disponibles en el portal del INEE). Los resultados para la realización de este trabajo han sido facilitados por el centro educativo en que se lleva a cabo el estudio, a través del INEE, y corresponden a los años 2015, 2016, 2017 y 2018, respetando los acuerdos y aspectos éticos de esta investigación. Durante el proceso de recogida y análisis de información se ha respetado el anonimato de los participantes y se ha garantizado la confidencialidad de los datos aportados (McMillan y Schumacher, 2011).

Para la *tercera investigación* se ha utilizado un cuestionario validado de Co-Medida, basado en el desarrollo de una evaluación para la colaboración de los estudiantes en actividades STEAM (Herro et al., 2017), localizado tras una revisión minuciosa entre la literatura científica (Apéndice B). Este cuestionario está compuesto por un total de quince ítems distribuidos en cinco dimensiones: (1) Interacciones entre Pares (5 ítems), (2) Comunicación positiva (3 ítems), (3) Consulta/Vías múltiples (2 ítems), (4) Enfoques/tareas (3 ítems) y (5) Pensamiento Transdisciplinario (2 ítems). Las diferentes variables se evaluaron mediante una escala de calificación Likert-3 puntos (*1-Necesita trabajo, 2-Aceptable y 3-Competente*).

El instrumento validado utilizado está fundamentado en el contexto de EEUU y para una muestra K-12 (Herro et al., 2017) en el Apéndice C. En nuestro caso, partiendo de los niveles de validación y fiabilidad del cuestionario, hemos realizado una validación y fiabilidad de dicho instrumento al contexto español, en concreto para estudiantes de 6º de Educación Primaria. En este caso, se ha procedido a la traducción del instrumento por dos traductores expertos. Posteriormente, de manera cuantitativa se realizó una evaluación, sobre el instrumento original, de 5 expertos en el campo de la educación STEAM en España. Para ello se realizaron las pruebas de Kappa de Fleiss y W de Kendall que resultaron correctas ($K= .81$; $W= .85$) (Landis, 1977). Un análisis factorial exploratorio ha sido el método de la validación cuantitativa, a través de los componentes principales del método con una rotación varimax. La dependencia entre las variables se obtuvo con el test de esfericidad (Bartlett=4221.043; $df=595$, $p< .0001$). También, fue descubierta una puntuación pertinente a través del test de Kaiser-Meyer-Olkin. Finalmente, la fiabilidad media del cuestionario se calculó con diversos procesos estadísticos como la varianza media extraída ($AVE=.78$), el alfa de Cronbach ($\alpha=.84$) y la fiabilidad compuesta ($FC=.81$). El resultado de estos valores confirma niveles adecuados de confiabilidad del instrumento utilizado.

4.4. Procedimientos

La fase de la *primera investigación* tuvo su origen en octubre del año 2020, tras la suspensión de las clases presenciales debido a la pandemia. En la primera fase se solicitaron los permisos oportunos, tanto a la Dirección Provincial de Educación y Formación Profesional de Ceuta. Esta aprobó y autorizó la constitución del seminario de investigación. Posteriormente, los centros educativos aprobaron y autorizaron el desarrollo del seminario, a excepción de uno. En la segunda fase, los investigadores de este estudio, recogieron los datos mediante un cuestionario impreso que se facilitó a los estudiantes de sexto nivel de Educación Primaria durante los primeros meses del curso 2020-2021. Los investigadores estuvieron presentes en la recogida de datos y asesoraron en todo momento al estudiantado.

Posteriormente, en una tercera fase una vez recogidos los datos, se creó la base de datos en el programa *Statistical Pack age for the Social Sciences* (SPSS) en su versión 28. Una vez configurada dicha base de datos, se efectuó el análisis estadístico del mismo.

El *segundo estudio* se lleva a cabo en un CEIP situado en la ciudad autónoma de Ceuta. El centro está situado en un barrio de la periferia a escasos metros de la frontera con Marruecos. El centro educativo, a través de su director y según lo establecido en el art. 120.4 sobre la autonomía de los centros de Educación en España, aprueba realizar el estudio cediendo los datos, tratándose estos de manera confidencial y anónima. Se trata de una zona desfavorecida, con una alta tasa de paro e inestabilidad laboral, habitada casi en su totalidad por personas procedentes del país vecino y de religión islámica. La mayor parte de los padres no han finalizado la educación obligatoria y en los hogares existen pocos recursos tecnológicos y culturales.

El centro educativo en el que se lleva a cabo la investigación, es de tres líneas y a él asisten 480 alumnos. La incorporación de STEAM-EDU a la propuesta curricular, dentro del área de libre configuración de Cultura Digital, se realiza como propuesta para mejorar las habilidades en competencia lingüística y matemática y facilitar el uso de recursos tecnológicos en el proceso de aprendizaje. Dicha área se implanta para todos los cursos y niveles de la etapa de Educación Primaria. Se desarrolla en coordinación con los tutores de los diferentes niveles, para reforzar los contenidos del área de lengua castellana y literatura y matemáticas, a través de las TIC.

El *tercer estudio* ha sido aprobado por el comité de ética, de acuerdo con las recomendaciones contenidas en la Declaración de Helsinki sobre buenas prácticas de investigación. Además, este estudio en centros educativos, al igual que el primero, se ha realizado mediante un seminario organizado y autorizado por la Dirección Provincial de Educación de Ceuta, dependiente del Ministerio de Educación y Formación Profesional. Además, cuenta con la aprobación de los directores de los centros educativos que intervienen en el estudio, como establece el art. 120.4 sobre la autonomía de centros en la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación en España. Los centros educativos cuentan con la autorización de las familias. Los estudiantes han realizado el estudio de manera voluntaria y anónima y el tratamiento de los datos ha garantizado la protección de los datos.

La fase de la tercera investigación se llevó a cabo tras el confinamiento provocado por la primera ola de la COVID-19, concretamente tras la incorporación del alumnado a las clases presenciales.

En la fase de estudio, coincidiendo con la primera semana de incorporación del alumnado tras el periodo de confinamiento, los investigadores proceden a la recogida de datos del cuestionario pre-test impreso que se facilitó al alumnado de 6º nivel de Educación Primaria, anónimo y voluntario. Este cuestionario hacía referencia a cómo venían trabajando en las clases presenciales antes de la pandemia del COVID-19, puesto que los estudiantes no conocían cómo iban a desarrollarse las clases con la nueva normalidad establecida por las restricciones y medidas sanitarias. Los investigadores estuvieron presentes en la recolección de datos y asesoraron a los estudiantes en todo momento.

En la fase experimental, los alumnos de ambos grupos, control y experimental, utilizan las metodologías de sus planes educativos de forma presencial, pero teniendo en cuenta las medidas preventivas mencionadas en la justificación y dictadas por la legislación sanitaria y educativa en España en ese momento (Gobierno España, 2021). Después de un trimestre de clases, los investigadores repiten el mismo procedimiento que el pre-test, esta vez se trataba de recolectar datos de la muestra del post-test, en relación a la metodología utilizada durante ese trimestre con las medidas y restricciones sanitarias. En este proceso, de nuevo los investigadores estuvieron presentes en la recolección de datos y asesoraron a los estudiantes en todo momento.

Finalmente, una vez recolectados los datos, se transfirieron a la base de datos del Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSSV₂₅). Una vez configurada dicha base de datos, se procedió a su análisis estadístico.

4.5. Análisis de datos

En el desarrollo del **primer estudio** se han utilizado datos estadísticos básicos como la media (M) y la desviación típica (DT). También se efectuaron pruebas específicas que concretan la determinación de la distribución como el de apuntamiento de Fisher (CAF) y el coeficiente de asimetría de Pearson (CAP). La asociación de las variables se ha realizado mediante el test Chi-cuadrado de Pearson (χ^2), junto con la V de Cramer (V) y el coeficiente de contingencia (Cont) para concretar el índice de fuerza asociativa (Moreno et al., 2021). Además, se ha realizado un modelo de regresión lineal múltiple con el propósito de predecir el efecto de edad y el género en la motivación del estudiantado en el uso de las TIC.

Los datos obtenidos en el **segundo estudio** han sido sometidos a un análisis descriptivo (media aritmética y desviación típica) para responder a los tres primeros objetivos del estudio y a un análisis correlacional, para cubrir el cuarto y último objetivo. En este último caso, analizamos la posible correlación entre la comprensión escrita y la resolución de problemas por ser las variables que presentan las puntuaciones más bajas en cada una de las competencias analizadas. Para ello utilizamos Coeficiente de Correlación de Pearson, ya que se trata de variables paramétricas cuyas puntuaciones siguen una distribución normal. El análisis de los datos recabados se ha llevado a cabo utilizando el software SPSSv.25.

Para conseguir los resultados de los datos del **tercer estudio** y dar respuesta a los objetivos, se ha realizado un análisis en profundidad. En el análisis estadístico de la investigación se han incluido la media (M), la desviación estándar (SD) y el error estándar de la media (SE). Además, pruebas de asimetría (S/kw) y curtosis (K/me) para identificar la tendencia de la distribución. También se ha utilizado el coeficiente de variación (CV) para averiguar la dispersión de la respuesta. Estos estadísticos se aplicaron para identificar si era factible o no utilizar la prueba T-Student. La prueba T-Student ($t_{n_1 + n_2 - 2}$) se ha empleado para cotejar las medias entre los diferentes grupos. También para diagnosticar el tamaño del efecto logrado después del proceso de entrenamiento, se ha empleado la d de Cohen y la correlación biserial (r_{xy}). El análisis se empleó tomando como referencia los valores de $p < .05$ como diferencias estadísticamente significativas.

Todos los valores de asimetría y curtosis estuvieron en el rango de ± 1.95 , siguiendo las premisas establecidas por (Jöreskog, 2001) para una distribución normal. El estadístico T-Student fue medido por el grado de independencia de los resultados obtenidos. Aunque desde dos perspectivas diferentes. Se analizaron muestras independientes, es decir, se hizo una comparación entre el método de enseñanza tradicional y los grupos que emplean metodologías activas y Makerspaces, tanto en el pre-test como en el post-test.

5. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las tres investigaciones después de aplicar los diversos métodos estadísticos.

5.1. Resultados del primer estudio

Con carácter general y de manera descriptiva en la Tabla 4, se puede observar como la mayoría de las medias alcanzadas están por encima de la media totalizada, es decir, por encima de 2.50.

Concretamente por encima de 3.00, aunque este hecho no se da en las variables, *me olvido del tiempo cuando uso diversos dispositivos electrónicos* (INT_1) e *intercambiar soluciones a problemas con dispositivos digitales con otros en internet* (SOC_2). Este está ligeramente por debajo de dicha media. Entrando con más detalle, la variable con una media superior es la del ítem *usar los dispositivos en casa cuando quieren* (AUT_3). En cambio, la variable con menos media es SOC_2.

Dentro de la dimensión *interés que genera las TIC* (INT), la variable que obtiene una mejor puntuación es la media *me gusta usar dispositivos digitales* (INT_6), mientras que, la que menos puntuación media presenta es INT_1. En la dimensión *competencia digital percibida a través de las TIC* (COM), la variable con una mejor media es *me siento cómodo usando mis dispositivos digitales en casa* (COM_3), mientras que la que menos valoración es *me siento cómodo usando dispositivos digitales con los que estoy menos familiarizado* (COM_1). En la dimensión *autonomía percibida a través de las TIC* (AUT), la variable con mejor media es, *uso diversos dispositivos electrónicos en casa cuando quiero* (AUT_3), mientras que la que menos media presenta es *leo información sobre dispositivos digitales para ser independiente* (AUT_2). Por último, dentro de la dimensión *las TIC como tema de interacción social* (SOC), la variable que obtiene una media más alta es *aprendo mucho sobre los medios digitales al hablar con mis amigos y familiares* (SOC_5), y la que menos SOC_2.

Tabla 4

Descriptivo de las puntuaciones obtenidas en las cuatro dimensiones

	Escala Likert <i>n</i> (%)					Parámetros			
	1	2	3	4	5	M	DT	CA _F	C _{me}
INT_1	164(17.7)	149(16.1)	339(36.7)	125(13.5)	147(15.9)	2.94	1.281	.065	-.885
INT_2	23(2.5)	34(3.7)	291(31.5)	256(27.7)	320(34.6)	3.88	1.010	-.561	-.188
INT_3	89(9.6)	75(8.1)	324(35.1)	186(20.1)	250(27.1)	3.47	1.238	-.392	-.659
INT_4	57(6.2)	79(8.5)	238(25.8)	205(22.2)	345(37.3)	3.76	1.213	-.652	-.513
INT_5	182(19.7)	137(14.8)	215(23.3)	125(13.5)	265(28.7)	3.17	1.481	-.122	-1.351
INT_6	18(1.9)	29(3.1)	153(16.6)	213(23.1)	511(55.3)	4.27	.974	-1.26	1.049
COM_1	174(18.8)	144(15.6)	268(29)	135(14.6)	203(22)	3.05	1.390	-.025	-1.173
COM_2	66(7.1)	56(6.1)	192(20.8)	187(20.2)	423(45.8)	3.91	1.243	-.923	-.162
COM_3	21(2.3)	27(2.9)	138(14.9)	184(19.9)	554(60)	4.32	.983	-1.44	1.531
COM_4	83(9)	76(8.2)	282(30.5)	247(26.7)	236(25.5)	3.52	1.211	-.506	-.519
COM_5	44(4.8)	64(6.9)	209(22.6)	190(20.6)	417(45.1)	3.94	1.175	-.854	-.208
AUT_1	202(21.9)	100(10.8)	145(15.7)	148(16)	329(35.6)	3.33	1.569	-.336	-1.420
AUT_2	187(20.2)	130(14.1)	236(25.5)	185(20)	186(20.1)	3.06	1.398	-.105	-1.209
AUT_3	18(1.9)	34(3.7)	149(16.1)	171(18.5)	552(59.7)	4.30	.995	-.133	1.071
AUT_4	148(16)	99(10.7)	242(26.2)	201(21.8)	234(25.3)	3.30	1.376	-.329	-1.056
AUT_5	69(7.5)	58(6.3)	125(13.5)	195(21.1)	477(51.6)	4.03	1.255	-1.16	.231
SOC_1	111(12)	104(11.3)	239(25.9)	191(20.7)	279(30.2)	3.46	1.342	-.422	-.948
SOC_2	362(39.2)	159(17.2)	165(17.9)	119(12.9)	119(12.9)	2.43	1.436	.527	-1.099
SOC_3	114(12.3)	63(6.8)	154(16.7)	131(14.2)	462(50)	3.83	1.422	-.868	-.628
SOC_4	114(12.3)	103(11.1)	249(26.9)	187(20.2)	271(29.3)	3.43	1.340	-.395	-.955
SOC_5	46(5)	63(6.8)	231(25)	224(24.2)	360(39)	3.85	1.158	-.750	-.255

Nota: 1=Nunca; 2=Casi nunca; 3=A veces; 4=Casi siempre; 5=Siempre; CA_F=Asimetría; C_{me}= Curtosis

En cuanto a la desviación típica de la mayoría de las variables, muestra que no hay una tendencia similar a la hora de responder por parte de los implicados, excepto en las variables *me gusta usar dispositivos digitales* (INT_6), *me siento cómodo usando mis dispositivos digitales en casa* (COM_3) y (AUT_3), donde la tendencia de respuesta es similar.

Por otro lado, los valores de asimetría y curtosis demuestran que la distribución de respuesta se considera normal. Esto se debe a que los valores se encuentran entre $\pm 1,96$, según Jöreskog (2001). La curtosis de la mayoría de las variables es platicúrtica.

Continuando con el análisis correlacional, en la Tabla 5, se observa que existen diferencias significativas en la correlación establecida entre el género y distintas variables del compromiso del uso de las TIC en los estudiantes de 6º de Educación Primaria.

Tabla 5

Asociación entre el género y las variables

	Media género		Parámetros			
	Male	Femenino	$\chi^2(gl)$	P-valor	Cont	V
INT_1	2.97	2.90	7.055(4)	.133	.087	.087
INT_2	3.93	3.83	15.954(4)	.003	.130	.131
INT_3	3.51	3.42	13.380(4)	.010	.119	.120
INT_4	3.85	3.67	5.973(4)	.201	.080	.080
INT_5	3.25	3.09	6.705(4)	.152	.085	.085
INT_6	4.35	4.19	15.810(4)	.003	.130	.131
COM_1	3.20	2.91	13.945(4)	.007	.122	.123
COM_2	3.94	3.89	7.480(4)	.113	.090	.090
COM_3	4.38	4.27	9.303(4)	.054	.100	.100
COM_4	3.69	3.34	19.248(4)	.001	.143	.144
COM_5	3.97	3.91	5.525(4)	.238	.077	.077
AUT_1	3.45	3.20	10.325(4)	.035	.105	.106
AUT_2	3.16	2.95	7.771(4)	.100	.091	.092
AUT_3	4.35	4.26	8.188(4)	.085	.094	.094
AUT_4	3.47	3.13	16.096(4)	.003	.131	.132
AUT_5	4.13	3.94	10.327(4)	.035	.105	.106
SOC_1	3.63	3.29	23.667(4)	.000	.158	.160
SOC_2	2.65	2.21	25.842(4)	.000	.165	.167
SOC_3	4.19	3.47	61.554(4)	.000	.250	.258
SOC_4	3.59	3.27	18.679(4)	.001	.141	.142
SOC_5	3.91	3.81	5.684(4)	.224	.078	.078

Nota. 1=Nunca; 2=Casi nunca; 3=A veces; 4=Casi siempre; 5=Siempre; $\chi^2(gl)$ =Chi-Cuadrado, grados de libertad; **p-valor** Cont=Coefficiente de contingencia; V= V de Cramer

Las variables que presentan correlación significativa son *internet es un gran recurso para obtener información que le interesa al estudiante (INT_2), es muy útil tener redes sociales (INT_3), le gusta usar dispositivos digitales (INT_6), se siente cómodos usando dispositivos digitales con los que están menos familiarizado (COM_1), cuando me encuentro con problemas con dispositivos digitales, creo que puedo resolverlos (COM_4), si necesito un nuevo software o*

programa, lo instalo yo mismo (AUT_1), si tengo un problema con los dispositivos digitales, empiezo a resolverlo por mi cuenta (AUT_4), si necesito una nueva aplicación, la elijo yo mismo (AUT_5), para aprender algo nuevo sobre los dispositivos digitales, me gusta hablar sobre ellos con mis amigos (SOC_1), SOC_2, me gusta reunirme con amigos y jugar con el ordenador y a los videojuegos con ellos (SOC_3) y me gusta compartir información sobre dispositivos digitales con mis amigos (SOC_4). Aunque existe correlación, la fuerza de asociación es baja en la mayoría de las variables. Excepto en SOC_3, donde la fuerza de asociación es media. En el resto de variables no presentan valores estadísticamente significativos en la correlación.

En el análisis correlacional entre la edad y las variables (Tabla 6), se observa que existen variables donde muestran diferencias estadísticamente significativas en la correlación establecida entre la edad y las variables *estoy muy emocionado de descubrir nuevos dispositivos o aplicaciones digitales* (INT_4), *si mis amigos y familiares tienen un problema con los dispositivos digitales, puedo ayudarle a ellos* (COM_5), INT_2, INT_6, COM_1, COM_3, AUT_3 y AUT_4. Además, se observa que la fuerza de asociación en todas es baja y el resto de variables no muestran indicios estadísticamente significativos.

Tabla 6
Asociación entre la edad y las variables

	Media edad				Parámetros			
	10	11	12	13	$\chi^2(gl)$	p-valor	Cont	V
INT_1	2.83	2.96	2.85	2.90	6.309(12)	.900	.082	.048
INT_2	3.85	3.90	3.82	3.50	21.721(12)	.041	.152	.089
INT_3	3.53	3.47	3.45	3.10	9.299(12)	.067	.100	.058
INT_4	3.50	3.78	3.76	3.70	23.119(12)	.027	.156	.091
INT_5	3.18	3.17	3.14	3.50	18.827(12)	.093	.141	.082
INT_6	4.36	4.29	4.07	4.00	29.857(12)	.003	.177	.104
COM_1	2.89	3.02	3.24	3.90	21.346(12)	.046	.150	.088
COM_2	3.70	3.97	3.76	3.60	20.931(12)	.051	.149	.087
COM_3	4.30	4.36	4.19	3.20	36.923(12)	.000	.196	.115
COM_4	3.35	3.54	3.48	3.50	13.294(12)	.348	.119	.069
COM_5	3.62	3.97	3.92	4.30	32.976(12)	.001	.186	.109
AUT_1	2.95	3.33	3.47	3.90	18.639(12)	.098	.141	.082
AUT_2	2.83	3.07	3.08	3.10	3.772(12)	.987	.064	.037
AUT_3	4.29	4.33	4.18	3.90	21.529(12)	.043	.151	.088
AUT_4	2.98	3.32	3.32	3.40	22.971(12)	.028	.156	.091
AUT_5	3.92	4.00	4.21	4.60	7.984(12)	.786	.093	.054
SOC_1	3.26	3.46	3.49	3.90	13.009(12)	.368	.118	.069
SOC_2	2.15	2.44	2.50	2.70	12.803(12)	.384	.117	.068
SOC_3	3.62	3.89	3.54	3.90	12.952(12)	.373	.118	.068
SOC_4	3.02	3.49	3.34	2.80	19.599(12)	.075	.144	.084
SOC_5	3.64	3.86	3.90	4.20	8.138(12)	.774	.093	.054

Nota. 1=Nunca; 2=Casi nunca; 3=A veces; 4=Casi siempre; 5=Siempre; $\chi^2(gl)$ =Chi-Cuadrado, grados de libertad; Cont=Coefficiente de contingencia; V= V de Cramer

Finalmente, en los modelos de regresión lineal múltiple, tanto para el género como para la edad, se ha aplicado el modelo de pasos sucesivos. En el análisis aplicado en el género se han obtenido 5 modelos significativos. En el análisis aplicado en la edad se también han obtenido 5 modelos significativos. En ambos casos se ha seleccionado el modelo 5, dado que es el que presenta valores más significativos (Tabla 7).

Tabla 7

Modelo de regresión lineal múltiple por pasos sucesivos

Género							
Modelos	R	R ²	R ² C	ETE	CR ²	CF	SCF
1	.255	.065	.064	.484	.065	64.306	.000
2	.270	.073	.071	.482	.007	7.420	.007
3	.279	.078	.075	.481	.005	5.343	.021
4	.289	.083	.079	.480	.005	5.435	.020
5	.297	.088	.083	.479	.005	4.607	.032
Edad							
Modelos	R	R ²	R ² C	ETE	CR ²	CF	SCF
1	.085	.007	.006	.490	.007	6.723	.010
2	.136	.018	.016	.487	.011	10.467	.001
3	.163	.026	.023	.485	.008	7.618	.006
4	.180	.032	.028	.484	.006	5.735	.017
5	.193	.037	.032	.483	.005	4.426	.036

Nota. ETE: Error típico de la estimación; CR²: Cambios en R², CF: Cambios en F; SCF: Significación cambio en F.

En relación al género, las variables que componen el modelo 5 (Tabla 8) son; INT_3, *internet es un gran recurso para obtener información que me interesa (por ejemplo, noticias, deportes, diccionario)* (INT_2), *si mis amigos y familiares quieren comprar nuevos dispositivos o aplicaciones digitales, puedo darles consejos*(COM_2), COM_4 y COM_5. En relación la edad, las variables que componen el modelo 5 son COM_3, *si necesito una nueva aplicación, la elijo yo mismo* (AUT_5), *me siento cómodo usando dispositivos digitales con los que estoy menos familiarizado* (COM_1), INT_6 y AUT_1. Tanto para el género como la edad, estas variables muestran valores significativos inferiores a .05. Por lo tanto, estas variables muestran valor predictivo, aunque su capacidad de predicción es baja.

Tabla 8

Coefficientes de la regresión lineal múltiple del género y edad

Género					
	B	Error Típico	Beta	t	Sig.
5(Constante)	1.824	.069		26.404	.000
INT_3	-.085	.012	-.243	-6.962	.000
INT_2	-.033	.012	-.094	-2.827	.005
COM_2	.025	.015	.061	1.662	.097
COM_4	-.043	.015	-.104	-2.909	.004
COM_5	.036	.017	.083	2.146	.032
Edad					
	B	Error Típico	Beta	t	Sig.
5(Constante)	2.202	.086		25.481	.000
COM_3	-.054	.019	-.107	-2.799	.005
AUT_5	.033	.014	.084	2.277	.023
COM_1	.038	.012	.107	3.110	.002
INT_6	-.050	.019	-.098	-2.573	.010
AUT_1	.023	.011	.075	2.104	.036

5.2. Resultados del segundo estudio

A continuación, representamos los resultados obtenidos en relación a cada uno de los objetivos definidos en el estudio.

5.2.1. Resultados relacionados con el objetivo 1 (*Describir la evolución de los resultados de aprendizaje en la competencia lingüística del alumnado de tercer curso de Educación Primaria, en las pruebas del INEE, durante la aplicación de STEAM-EDU y según el sexo y los antecedentes de inmigración de sus progenitores*).

Presentamos los resultados de este primer objetivo, mostrando de forma genérica, los porcentajes globales de calificación obtenidos en la competencia lingüística (Figura 6), así como las medias (\bar{X}) y desviaciones típicas (σ) en la Tabla 9, en cada uno de los años, en los que se han usado STEAM.

Figura 6

Porcentajes de calificación del alumnado por niveles de rendimiento en competencia lingüística.

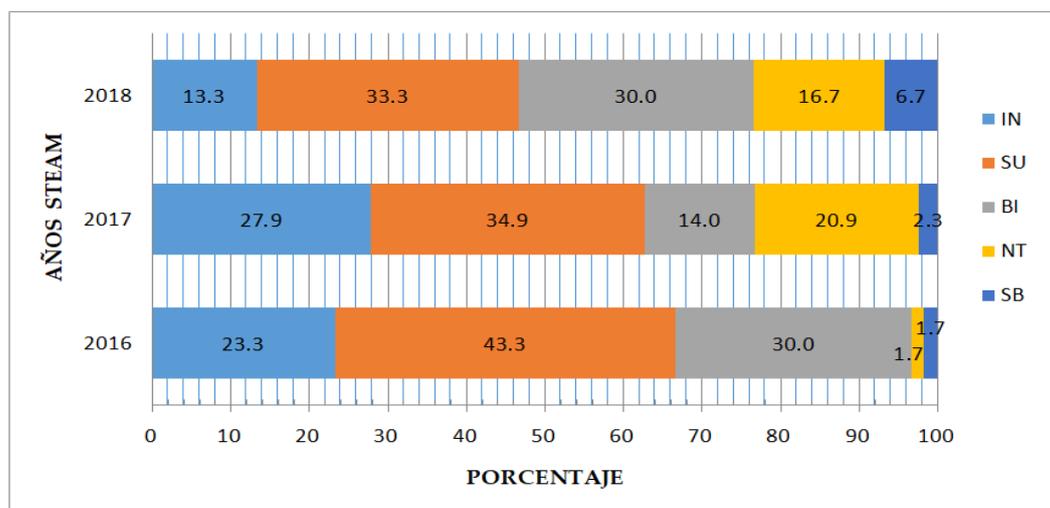


Tabla 9

Competencia lingüística por años

<i>Años STEAM</i>	\bar{X}	σ
2016	5.49	1.20
2017	5.52	1.80
2018	5.98	1.86

Según los datos mostrados, se observa un descenso de 10 puntos en el porcentaje de alumnado que obtiene la calificación “insuficiente”, pasando del 23.3%, en 2016, al 13.3%, en 2018. En el caso de la calificación “notable”, el porcentaje se incrementa de forma importante, con una diferencia de 15 puntos, ya que pasa de 1.7 (2016) a 16.7 (2018) y, con una diferencia aún mayor respecto a 2017 (20.9). Estos datos contribuyen a aumentar los valores de las medias globales por años que ascienden de 5.49 en 2016, a 5.98 en 2018. La desviación estándar también aumenta, lo que evidencia una mayor dispersión de los resultados en 2018.

En la Tabla 10, hemos presentado las medias y desviaciones típicas del periodo en su conjunto (2016-2018), correspondientes a la competencia lingüística (CL) y sus cuatro destrezas: expresión oral (EO), expresión escrita (EE), comprensión oral (CO) y comprensión escrita (CE), y diferenciando en función del sexo y los antecedentes de inmigración de sus progenitores. La media global de los tres años es $\bar{X}=5.68$. La mayor puntuación media corresponde a EO ($\bar{X}=6.20$) y la menor a CE ($\bar{X}=5.01$). Las niñas obtienen mejores puntuaciones medias que los chicos en la competencia lingüística, con 0.22 puntos de diferencia, y en todas las dimensiones de la misma, al tiempo que presentan menor desviación típica. Ambos sexos obtienen sus mejores resultados en EO, superando una media de 6 puntos y los peores en CE, especialmente los chicos, cuya media no llega a 5 puntos ($\bar{X}=4.84$).

Tabla 10

Comparativa de resultados en CL, sus componentes, sexo y antecedentes de inmigración

Ítems años 2016 - 2017 - 2018	CL		EO		EE		CO		CE	
	\bar{x}	σ								
Competencia Lingüística	5.68	1.6	6.2	1.6	5.59	1.6	5.9	1.6	5.01	1.6
<i>Sexo</i>										
Niños	5.55	1.7	6.0	1.7	5.47	1.6	5.8	1.7	4.84	1.7
Niñas	5.77	1.5	6.2	1.6	5.67	1.6	6.0	1.5		1.6
<i>Antecedentes de inmigración</i>										
Ningún padre nacido en España	5.48	1.4	5.9	1.4	5.48	1.3	5.7	1.5	4.76	1.5
Un padre nacido en España	5.64	1.6	6.1	1.6	5.51	1.7	5.8	1.6	4.98	1.7
Los dos padres nacidos en España	6.03	1.8	6.5	1.8	5.94	1.7	6.2	1.9		1.8

Nota. Número de participantes evaluados. 163= Competencia Lingüística, para sexo, 67 = niños, 96 = niñas. Para antecedentes de inmigración, 33 = ningún padre nacido en España, 100 = un padre nacido en España, 30 = los dos padres nacidos en España. *Calificación<5

Si nos centramos en los antecedentes de inmigración de sus progenitores, los estudiantes con ambos padres nacidos en España, acumulan los valores medios más elevados, tanto en la CL, en general, como en sus componentes, en todos los casos superiores a 6, excepto en dos (EE y CE). Por el contrario, el alumnado cuyos padres no han nacido en España, presentan los valores medios más bajos de la CL y sus componentes. La EO es el componente de la competencia lingüística que presenta los valores más elevados de la media y la CE es la aglutina las medias aritméticas más bajas, independiente de que el alumnado tenga o no antecedentes de inmigración.

5.2.2. Resultados relacionados con el objetivo 2 (*Describir la evolución de los resultados de aprendizaje en la competencia matemática del alumnado de tercer curso de Educación Primaria, en las pruebas del INEE, durante la aplicación de STEAM-EDU y según el sexo y los antecedentes de inmigración de sus progenitores*).

En este caso, el procedimiento seguido para presentar los resultados ha sido el mismo que el seguido en el objetivo 1 (Figura 7). Además, mostramos de forma genérica en la Tabla 11, los porcentajes globales de calificación obtenidos en la competencia lingüística, así como las medias (\bar{x}) y desviaciones típicas (σ), en cada uno de los años en los que se ha usado la metodología basada en STEAM.

Figura 7

Porcentaje de calificación del alumnado por niveles de rendimiento en competencia matemática

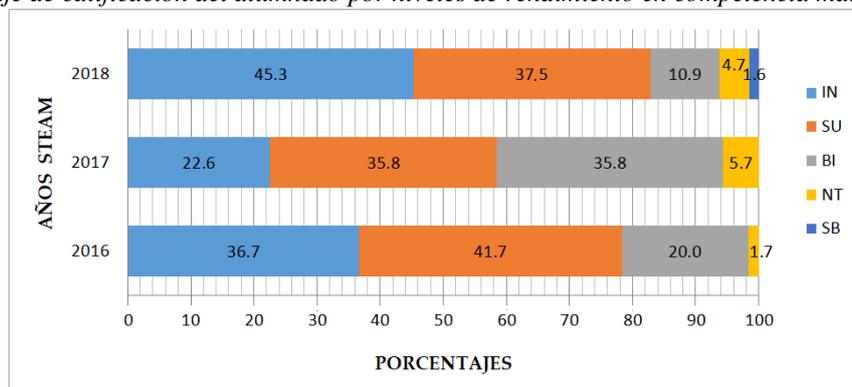


Tabla 11

Competencia matemática por años

Años	\bar{X}	σ
2016	5.06	1.24
2017	5.21	1.98
2018	4.70*	1.97

Nota. *Calificación<5

De acuerdo con los datos mostrados en la *figura 6*, el porcentaje de alumnado que obtiene la calificación “insuficiente”, aunque disminuyó desde 2016 a 2017, se ha incrementado sensiblemente en 2018. Los mejores porcentajes de calificaciones corresponden a 2017, donde el porcentaje de alumnado con una calificación “bien” se incrementó en algo más de 15 puntos, también el número de notables, aunque en menor medida y se redujo el porcentaje de suspensos. Sin embargo, 2018 es el único año en el que hay alumnos que han alcanzado “sobresaliente” (1.6%). Estos datos han situado la media global en 2018 por debajo de 5 puntos, inferior a los demás años. No se observa, pues, una progresión lineal positiva y creciente en las medias globales.

Seguidamente en la *Tabla 12*, mostramos las medias y desviaciones típicas de todo el periodo en su conjunto (2016-2018), correspondientes a la competencia matemática (CM) y sus dos destrezas: cálculo y resolución de problemas, diferenciando en función de las variables de sexo y antecedentes de inmigración de sus progenitores.

Los valores medios globales del periodo 2016-2018, en el que se ha usado STEAM, no alcanzan un valor de 5 puntos en CM ($\bar{x}=4.98$), aunque en la destreza de cálculo es superior a 5 ($\bar{x}=5.22$), es la media en resolución de problemas ($\bar{x}=4.73$), la que hace que la media general en CM disminuya. Se aprecia, igualmente, una elevada dispersión de los resultados ($\sigma =1.93$) en resolución de problemas. Atendiendo al sexo de los estudiantes, las niñas obtienen mejores puntuaciones medias que los niños, en la competencia matemática, en general (con 0.37 puntos de diferencia), en cálculo y en resolución de problemas. Las puntuaciones más bajas de la media aritmética, en ambos sexos (inferiores a 5), corresponden a la resolución de problemas, donde se encuentran también las desviaciones típicas más altas ($\sigma=2.07$ en chicos y $\sigma=1.81$ en chicas).

De acuerdo con los antecedentes de inmigración de los progenitores del alumnado, las puntuaciones medias más elevadas de la CM y resolución de problemas corresponden a los estudiantes cuyos padres han nacido, los dos, en España. Sólo en el caso de cálculo, se produce un

empate con el alumnado que no tiene ningún progenitor nacido en España. Las puntuaciones medias más bajas de la CM y sus dos componentes corresponden al alumnado con algún progenitor nacido en España. De los dos componentes evaluados de la CM, el que tiene las puntuaciones más bajas es la resolución de problemas, independientemente de los antecedentes de inmigración. En todos los casos, excepto en el alumnado con los dos padres nacidos en España, presenta puntuaciones medias inferiores a 5 puntos.

Tabla 12

Comparativa de resultados en CM, sus componentes, sexo y antecedentes de inmigración

Ítems	n	Competencia Matemática		Cálculo		Resolución de problemas	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Años 2016 - 2017 - 2018	177	4.98*	1.77	5.22	1.71	4.73*	1.93
<i>Sexo</i>							
Niños	75	4.76*	1.94	5.04	1.90	4.49*	2.07
Niñas	102	5.13	1.62	5.36	1.54	4.90*	1.81
<i>Antecedentes de inmigración</i>							
Ningún padre nacido en España	33	5.02	1.53	5.30	1.55	4.74*	1.61
Un padre nacido en España	113	4.91*	1.87	5.18	1.80	4.65*	2.04
Los dos padres nacidos en España	31	5.16	1.65	5.30	1.55	5.01*	1.87

Nota. *Calificación < 5

5.2.3. Resultados relacionados con el objetivo 3 (Comparar los resultados de aprendizaje obtenidos en las competencias lingüística y matemática antes y durante el uso de STEAM-EDU).

En este apartado contrastaremos los resultados obtenidos en 2015, año en el que aún no se había adoptado STEAM-EDU, con los años en que se había incorporado a la docencia en la materia Cultura Digital.

Según los porcentajes mostrados en la *Tabla 13*, se aprecia un cambio de tendencia muy importante tanto en la CL, como en la CM. En el caso de la CL, se pasa de un 34.78% de estudiantes aprobados en el año 2015, a un 76.7%, en 2016, hasta llegar al 86.67% en 2018. La progresión es realmente relevante y supone un descenso, igualmente destacado, del porcentaje de suspensos.

En el caso de la CM, el porcentaje de aprobados se incrementa respecto a 2015, se pasa del 22.22% de aprobados, a superar como mínimo, en el resto de años, el 54.69% (año 2018).

Tabla 13

Porcentajes de aprobados y suspensos por años en las competencias lingüística y matemática

Ítems	Año 2015		STEAM Año 2016		STEAM Año 2017		STEAM Año 2018	
	n	%	n	%	n	%	n	%
<i>Competencia lingüística</i>								
Aprobados	16	34.78	46	76.70	31	72.10	52	86.67
Suspensos	30	65.22	14	23.30	12	27.90	8	13.33
Total	46	100.00	60	100.00	43	100.00	60	100.00
<i>Competencia matemática</i>								
Aprobados	10	22.22	39	63.29	41	77.36	35	54.69
Suspensos	35	77.78	22	36.71	12	22.64	29	45.31
Total	45	100.00	61	100.00	53	100.00	64	100.00

A continuación, mostramos una comparativa específica para cada una de las competencias analizadas y sus componentes mediante medias aritméticas y desviaciones típicas.

a) Comparativa de la competencia lingüística

Observando la Tabla 14, los valores medios alcanzados por la CL y sus destrezas en 2015, constatamos que, en todos los casos, son inferiores a las puntuaciones medias obtenidas en el periodo 2016-2018 en el que se ha usado STEAM-EDU. Los valores de las desviaciones típicas han disminuido, en todos los casos, llegando a equilibrarse entre 1.65 y 1.68, acumulando, por tanto, una mayor muestra alrededor de calificaciones con $\bar{x} > 5$.

Tabla 14

Medias aritméticas y desviaciones típicas de la competencia lingüística y sus dimensiones

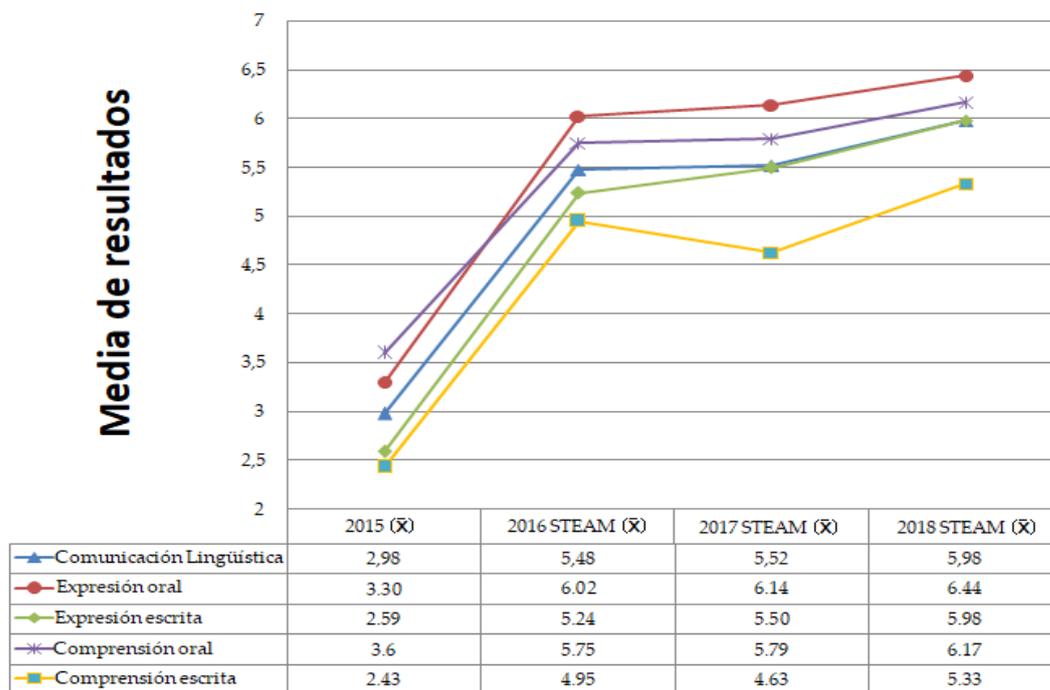
Ítems	n	(CL)		(EO)		(EE)		(CO)		(CE)	
		\bar{x}	σ								
	46								2.46		2.09
Año 2015		2.98*	2.21	3.30*	2.28	2.59*	2.11	3.60*		2.43*	
	16	5.68	1.64	6.20	1.67	5.59	1.65	5.92	1.66	5.01	1.68
Años STEAM	3										

Nota. Años STEAM = 2016, 2017, 2018. *Calificación <5

En la Figura 8, se muestra la evolución positiva de la CL y de todas sus destrezas durante los cuatros años, excepto la CE en el año 2017, que presenta una $\bar{x}=4.63$ y que supone un ligero retroceso respecto al año 2016 ($\bar{x}=4.95$). En 2018, se obtienen los mejores resultados en CE, con $\bar{x}=5.33$, ya que, por primera vez en cuatro años, el alumnado de tercer curso obtiene una $\bar{x}>5$ en todas las dimensiones de la CL.

Figura 8

Comparación de la media en los resultados de CL y sus dimensiones, durante cuatro años



b) Comparativa de la competencia matemática

Los valores medios de la CM y sus dos destrezas, en 2015, es inferior, en todos los casos, a las puntuaciones medias obtenidas en la etapa 2016-2018, como se observa en la Tabla 15. Sin embargo, las medias en la CM (4.98) y la resolución de problemas (4.73) siguen estando por debajo de 5 puntos. Los valores de las desviaciones típicas también han disminuido respecto a 2015, en todos los casos, oscilando entre 1.71 y 1.93 puntos, lo que indica una menor dispersión de los resultados.

Tabla 15

Medias aritméticas y desviaciones típicas de la competencia matemática y sus dimensiones

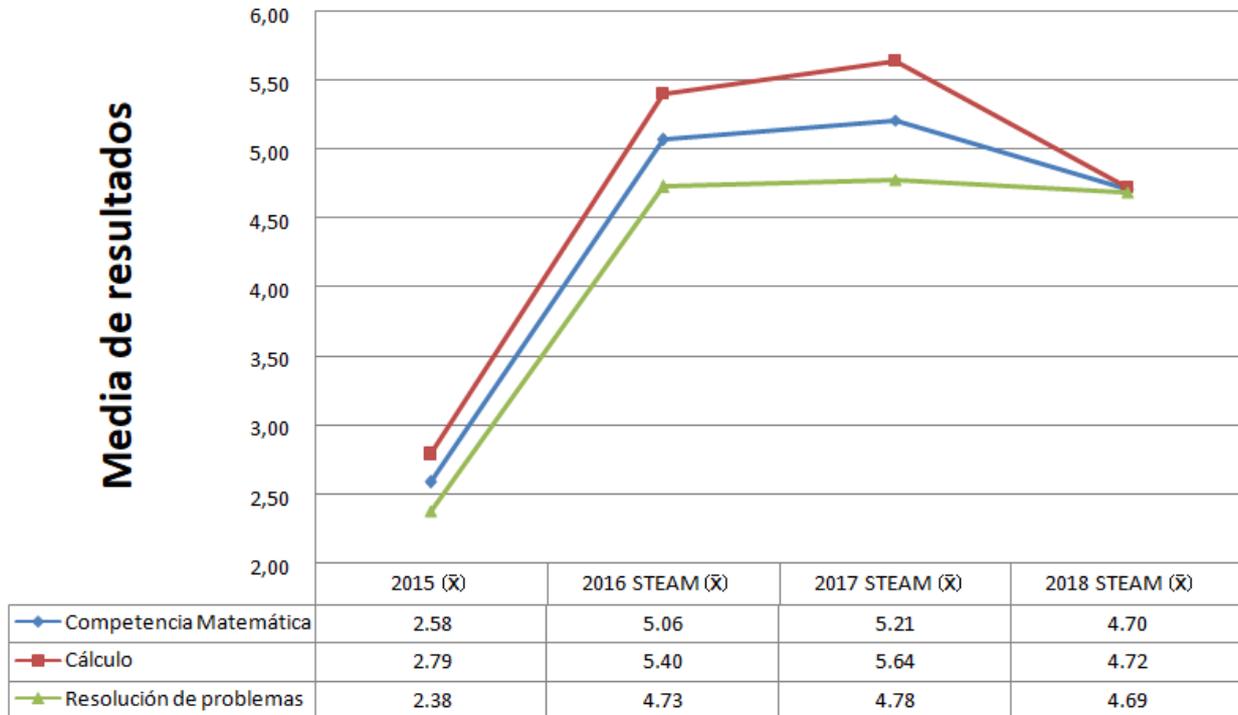
Ítems	n	Competencia Matemática		Cálculo		Resolución de problemas	
		\bar{x}	σ	\bar{x}	σ	\bar{x}	σ
Año 2015	45	2.58*	2.26	2.79	2.34	2.38*	2.23
Años STEAM	177	4.98*	1.77	5.22	1.71	4.73*	1.93

Nota. Años STEAM = 2016, 2017, 2018. *Calificación < 5

En la Figura 9, se observa que la media de la CM (2.58), el cálculo (2.79) y la resolución de problemas (2.38) del año 2015, aumenta en los años en que se ha usado STEAM. En los años 2016 y 2017, se produce una evolución ascendente y positiva en cálculo ($\bar{x} > 5$) y resolución de problemas (aunque con $\bar{x} < 5$). Este ascenso se interrumpe en 2018, con un descenso más brusco en cálculo y menos pronunciado en resolución de problemas.

Figura 9

Comparación de la media en los resultados de CM y sus componentes, durante cuatro años



5.2.4. Resultados relacionados con objetivo 4 (Determinar si existe correlación entre la comprensión escrita y la resolución de problemas)

En este apartado, elegimos las dos destrezas con menor puntuación de media en cada una de las competencias, durante los cuatro años (2015 al 2018), es decir, la comprensión escrita y la resolución de problemas, para determinar si existe entre ellas alguna correlación. Para extraer los resultados de este objetivo, se seleccionan únicamente los 207 casos, en el que los estudiantes han realizado las dos pruebas durante los cuatros años, excluyendo 15 estudiantes que solo realizaron una de las dos pruebas.

En primer lugar, mostramos en la Tabla 16 la media aritmética, que no supera en ninguna de las dos destrezas los 5 puntos y, las desviaciones típicas en ambos casos, son muy dispersas con valores superiores a 2 puntos.

Tabla 16

Medias y desviaciones típicas en las destrezas de comprensión escrita y resolución de problemas

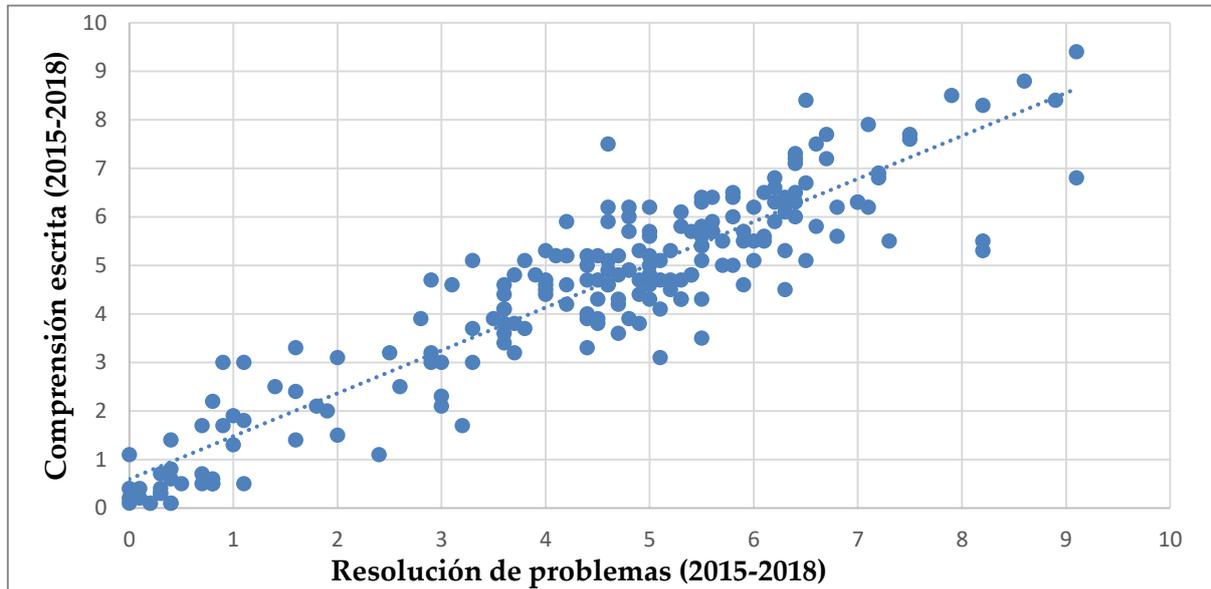
Ítems	n	\bar{x}	σ
Comprensión escrita	207	4.44*	2.08
Resolución de problemas	207	4.35*	2.16

Nota. *Calificación < 5

En la Figura 10, se observa una alta correlación positiva $R^2=0.845$, es decir, cuando los resultados mejoran en comprensión escrita, lo hace también la resolución de problemas.

Figura 10

Diagrama de dispersión de los resultados en comprensión escrita y resolución de problemas entre los años 2015 y 2018



En la Tabla 17, observamos el coeficiente de correlación de Pearson entre las dos destrezas, con un valor $r = 0.919$, según Suárez (2011), es considerada como una correlación positiva muy alta cuando supera el valor de 0.9, estableciéndose una relación directamente proporcional, es decir, cuando los resultados mejoran en comprensión escrita, lo hace también la resolución de problemas.

Tabla 17

Correlación entre comprensión escrita y resolución de problemas

		Comprensión Escrita	Resolución de problemas
Comprensión Escrita	Correlación de Pearson	1	.919**
	Sig. (bilateral)		.000
	n	207	207
Resolución de problemas	Correlación de Pearson	.919**	1
	Sig. (bilateral)	.000	
	n	207	207

**Nota. Correlación positiva alta.

5.3. Resultados del tercer estudio

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras aplicar los diferentes métodos estadísticos. Con carácter general y de manera descriptiva en la Tabla 18, se pueden observar los resultados de los grupos control y experimental, en el cuestionario pre-test y post-test.

Tabla 18

Resultados obtenidos para las dimensiones de estudio en GC y GC de Educación Secundaria

Dimensiones		Parámetros							
		Pre-test				Post-test			
		M	SD	S _{kw}	K _{me}	M	SD	S _{kw}	K _{me}
Grupo Control	PEER_INT	2.22	.463	-.335	-.736	2.25	.447	-.137	-.832
	POST_COM	2.30	.444	.158	-.713	2.63	.436	-1.22	.956
	MUL_PATHS	2.25	.592	-.600	-.333	2.35	.460	-.224	-.718
	AA_TASK	2.25	.585	-.313	-.518	2.36	.504	-.685	-.017
	TRANS_THIN K	2.21	.524	-.518	.121	2.37	.489	-.320	-.843
Grupo Experimental	PEER_INT	2.21	.502	-.367	-.498	1.77	.515	.605	-.175
	POST_COM	2.35	.414	-.445	-.608	2.26	.438	-.200	-.106
	MUL_PATHS	2.23	.519	-.369	-.016	2.24	.513	-.648	.105
	AA_TASK	2.18	.537	-.456	-.456	2.25	.567	-.440	-.744
	TRANS_THIN	2.30	.516	-.514	-.014	1.89	.654	.146	-1.70

En relación con los resultados de los datos pre-test, tanto el grupo experimental como el grupo control presentaban valores parejos en cada una de las dimensiones STEAM. Para el grupo control la dimensión de mayor valoración de media 2.30 es Comunicación Positiva (POST_COM) y la de menor valoración de media 2.21 es Pensamiento Transdisciplinario (TRANS_THINK). Para el grupo experimental en la toma de pre-test la dimensión de mayor valoración también es POST_COM, pero con una media mayor de 2.35, en referencia al grupo control. En cambio, la dimensión menos valorada de media 2.18 es Enfoque y Tareas (AA_TASK).

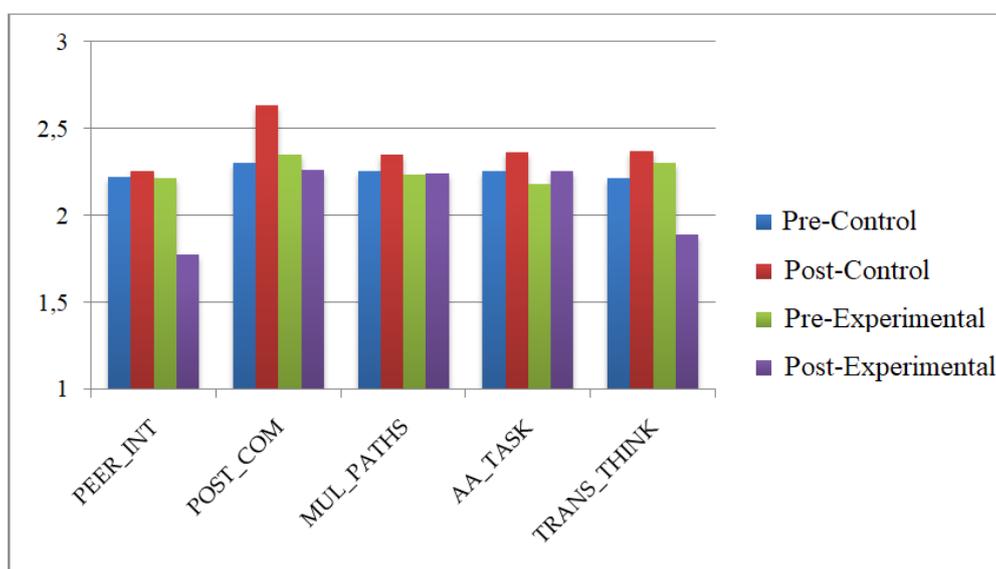
En el análisis de resultados de los datos post-test, se observan valores superiores en todas las dimensiones de estudio en el grupo control. Concretamente, la dimensión más valorada en el grupo experimental en la toma de post-test es nuevamente POST_COM, con una media 2.63, es decir .33 puntos más que en los resultados pre-test. En cambio, la menor valorada en el grupo control es Interacción entre Pares (PEER_INT), con una media 2.37. A su vez, en el grupo experimental la dimensión de mayor valoración de media en los resultados post-test es también POST_COM, con una media 2.26, es decir, .09 puntos menos en relación con los resultados pre-test. En cambio, la media de menor valoración es la dimensión PEER_INT 1.77, es decir, .44 puntos menos en relación con los resultados pre-test.

Atendiendo a la desviación típica se sitúa muy por debajo de un punto en todas las dimensiones de estudios, tanto en las medidas de pre-test como de post-test. En este caso, se puede considerar que no hay dispersión de respuesta. El estudiantado suele coincidir en su respuesta. Todos los valores de asimetría y curtosis se sitúan entre +/- 1.96, siendo así las premisas marcadas por (Jöreskog,2021) para una distribución normal. Por último, los valores de kurtosis muestra que la tendencia de respuesta es principalmente platicúrtica.

La comparación de medias de las distintas dimensiones de estudio arroja, de forma gráfica en la Figura 11, se observa lo siguiente:

Figura 11

Comparación entre grupo control y grupo experimental pre-test y post-test



La dimensión POST_COM es la dimensión más valorada en todas las medidas realizadas. Tanto en el grupo control como en el grupo experimental de las medidas pretest y posttest. En cambio, la dimensión menos valorada en cada una de las medidas tomadas en cada uno de los grupos varía.

Destaca la gran diferencia de media de las medidas del grupo experimental en los resultados post-test de las dimensiones PEER_INT y TRANS_THINK, en relación al resto de dimensiones y medidas. En estos dos casos, suelen tener una diferencia de al menos 0.34 puntos con respecto al resto de dimensiones. Ambas dimensiones, en los resultados pre-test tiene mayor valoración en el grupo experimental.

El grado de independencia de los resultados obtenidos ha sido introducido con el estadístico T de Student, aunque desde dos perspectivas distintas. Por un lado, se han analizado muestras independientes, es decir, se ha realizado una comparativa entre los grupos control y los grupos experimentales, tanto en las pruebas de pre-test como de post-test. Los datos visibles en la Tabla 19 muestran que la comparativa entre los grupos control y grupo experimental es significativa en la medida post-test de las dimensiones PEER_INT, POST_COM y TRANS_THINK. Esto muestra diferencias significativas a favor del grupo control. En el resto de dimensiones y comparativas no se observan diferencias significativas. En las dimensiones anteriormente indicadas, en los que se observa relación de significancia, la correlación biserial es media. El tamaño del efecto es muy bajo en todas las dimensiones, tanto en las que hay relación de significancia como en las que no hay relación de significancia.

Tabla 19

Estudio del valor de la independencia entre muestras independientes con pre-test y pos-test. Student T para muestras independientes

Dimensiones		$\mu(X_1-X_2)$	$t_{n1+n2-2}$	df	d	r_{xy}
PEER_INT	pre	(2.22-2.21)	.085	122	-.013	-.008
	pos	(2.25-1.77)	5.241**	122	-.046	-.429
POST_COM	pre	(2.30-2.35)	-.577	122	-.043	.052
	pos	(2.63-2.26)	4.514**	122	.041	-.378
MUL_PATHS	pre	(2.25-2.23)	.195	122	.054	-.018
	pos	(2.35-2.24)	1.217	122	-.020	-.110
AA_TASK	pre	(2.25-2.18)	.599	122	-.029	-.054
	pos	(2.36-2.25)	1.020	122	.007	-.092
TRANS_THINK	pre	(2.21-2.30)	-.944	122	-.005	.085
	pos	(2.37-1.89)	4.367**	122	-.063	-.368

Nota. μ = diferencia de medios; X1=grupo control; X2=grupo experimental;

** . La correlación es significativa al nivel 0.01n.s. Correlation not significant

Por otro lado, se han analizado muestras relacionadas, es decir, entre las pruebas pre-test y post-test de los grupos control y experimental (Tabla 20). En el grupo experimental se observan dos dimensiones en las que hay diferencias significativas. Son el caso de las dimensiones PEER_INT y TRANS_THINK. En este caso, las medidas pre-test son superiores a las medidas post-test. Es decir, la valoración de los estudiantes baja de forma significativa en el grupo experimental. En el grupo control hay diferencias significativas en las medidas de pre-test y post-test en la dimensión COM_POS. En este caso, las valoraciones del post-test son superior a las del pre-test. En el resto de dimensiones y comparativas no se observan diferencias significativas.

Tabla 20

Estudio del valor de la independencia entre muestras dependientes entre grupo control y grupo experimental. T de Student para muestras relacionadas

Dimensiones		$\mu(Y_1-Y_2)$	$t_{n1+n2-2}$	df	SD	SEA
PEER_INT	con	-.029(2.22-2.25)	-.375	47	.539	.077
	exp	.436(2.21-1.77)	5.505*	75	.691	.079
POST_COM	con	-.326(2.30-2.63)	-4.264*	47	.530	.076
	exp	.083(2.35-2.26)	1.572	75	.462	.053
MUL_PATHS	con	-.104(2.25-2.35)	-1.032	47	.699	.101
	exp	-.013(2.23-2.24)	-.188	75	.610	.070
AA_TASK	con	-.111(2.25-2.36)	-1.141	47	.674	.097
	exp	-.070(2.18-2.25)	-1.056	75	.579	.066
TRANS_THINK	con	-.156(2.21-2.37)	-1.475	47	.620	.089
	exp	.414(2.30-1.89)	4.875*	75	.741	.085

Note: μ = diferencia de medios; Y1=pre-prueba; Y2=post-prueba;

*. La correlación es significativa al nivel 0.01

n.s. Correlación no significativa

6. Discusión

6.1. Discusión en relación al primer estudio

La COVID-19 ha supuesto un antes y un después en el uso de las TIC en los hogares y en el ámbito educativo como establecen Borgonovi & Pokropek (2021); Moreno et al. (2021); Panskyi et al. (2021) y Skvarc et al. (2021). En este estudio encontramos inquietudes y motivaciones de los estudiantes de 6º de Educación Primaria en relación al acceso, uso y compromiso de las TIC, que traspasan las barreras de las escuelas (Vila et al., 2021). Los resultados pueden brindar información importante a las familias y a los docentes, en consonancia con lo establecido por Skvarc et al. (2021). Aquellos estudiantes que han dispuesto de recursos tecnológicos a su alcance han conseguido una mejora en su competencia digital (McCahey, 2021). Además, les ha permitido un proceso formativo más normalizado. En cambio, aquellos que no han dispuesto de recursos tecnológicos han visto mermados su rendimiento de acuerdo con los estudios de Gubbels et al. (2020); Lepicnik & Bagon (2016) y Romero et al. (2019). Como señala Vila et al. (2020), ponemos sobre el escenario dos elementos claves en este estudio, el papel de las TIC en los estudiantes de 10 a 13 años y la influencia del género, tanto en las escuelas y hogares, como en su rendimiento académico.

Esta investigación ha evidenciado una tendencia de respuesta similar en determinadas variables. Es decir, existe una opinión parecida por parte de todos los implicados en la autonomía percibida en el uso de las TIC, en el interés que genera su uso, en la competencia digital percibida y en el uso de las TIC para la interacción social como también señalan Castellano & Pantoja (2017); Drakopoulos & Vlasios (2021) y López et al. (2019).

En **relación con el primer objetivo del estudio**, durante y después del confinamiento, la comunidad educativa (docentes, familias y alumnado) le ha dado un mayor reconocimiento al conocimiento y uso de las TIC Lepicnik & Bagon (2016); Romero et al. (2019) y Vázquez & Huerta (2021). Este uso, ha ido asociado a un aumento del rendimiento académico y la motivación Delic & Gadžo (2017) y Veiga & Andrade (2021), pero con matizaciones. En aquellos adolescentes que tienen una supervisión en el uso de las TIC de sus familias y, además, en las escuelas utilizan las TIC como recurso metodológico, existen beneficios en su rendimiento académico (Ghobadi & Ghobadi, 2015; Ihme & Senkbeil, 2017; McCahey et al., 2021; Vázquez & Huerta, 2021). Sin embargo, aquellos que utilizan las herramientas y dispositivos electrónicos sin supervisión, como medio recreativo, socializarse o compartir imágenes multimedia (Vila et al., 2020), disminuye su rendimiento en matemáticas, ciencias y comprensión lectora como señalan Serra et al. (2021) y Kanya & Inci (2021).

Además, se observa con carácter general que la valoración en el uso y compromiso de las TIC en el ámbito educativo es media-alta, en consonancia con otros estudios como los de Kaya & Inci (2021); Lezhnina & Kismihók (2021); Ma & Qin (2021); Odel et al. (2020); Özkan & Noyan (2021); Serra et al. (2021) y Vázquez & Huerta (2021). Es cierto, que determinados aspectos se encuentran por debajo de la media totalizada, como en el caso donde los estudiantes se olvidan del tiempo cuando usan dispositivos electrónicos o intercambian soluciones a problemas con dispositivos digitales haciendo uso de Internet. Esto puede deberse a la falta de socialización durante el periodo de pandemia. Como se puede observar, no todos los aspectos sobre el uso de las TIC son positivos como señalan Jamieson & Finger (2009); Lepicnik & Bagon (2016); Romero et al. (2019).

Con más detalle, se muestra como a los estudiantes les gusta el uso de dispositivos digitales, sintiéndose cómodos con su uso en casa en consonancia con los estudios de Drakopoulos & Vlasios (2021); Gómez & Mediavilla (2021); Ihme & Senkbeil (2017); Lepicnik & Bagon (2016); Serra et al. (2021). Además, hacen uso de las TIC cuando lo consideran oportuno y mejoran su

competencia digital cuando debaten con otras personas como afirman Aesaert et al. (2015), Gniewosz et al. (2014) y Senkbeil et al. (2016). Desde una perspectiva menos positiva, los estudiantes se sienten más inseguros cuando usan dispositivos digitales nuevos, desconocidos para ellos, esto les obliga a intercambiar soluciones a problemas con dispositivos digitales con otros en Internet. También presentan pequeñas dificultades cuando leen información sobre el uso de determinados dispositivos digitales para ser independientes. Es decir, todas las circunstancias mencionadas están relacionadas cuando los estudiantes tienen que resolver problemas haciendo uso de las TIC. Esto está en consonancia con los estudios de Murillo y D'Antonio (2019); Pons & Llorent (2021); Romero et al. (2019) y Serra et al. (2021).

En **relación con el segundo objetivo**, la influencia del uso y compromiso de las TIC en el género, se aprecia en los resultados de todas las variables una mayor predisposición de los chicos, al contrario de lo observado por López et al. (2019). Esto, está en la misma línea de los resultados obtenidos por Vekiri (2013) y Vila et al. (2020), para los chicos es muy útil tener redes sociales, les gusta reunirse con amigos y jugar con el ordenador y a los videojuegos, además, les gusta compartir información sobre dispositivos digitales con sus amigos. Sin embargo, los resultados de esta investigación sobre la variable Internet es un gran recurso para obtener información que le interesa al estudiante, tiene una mayor predominancia en los chicos, hecho que resulta contrario a los datos de otras investigaciones como las de López et al. (2019) y Vekiri (2013). Aunque la correlación existente es baja, excepcionalmente se observa una correlación media con el gusto de reunirse con amigos, jugar con el ordenador y a los videojuegos en estudiantes del género, en comparación con el grupo femenino.

En general, los chicos presentan mayor tendencia a tener acceso a Internet como recurso para obtener información, utilizar las redes sociales, resolver problemas con dispositivos, facilitar consejos a sus amigos y familiares cuando quieren comprar o resolver problemas con dispositivos o aplicaciones digitales. Estos resultados siguen lo establecido por Botuzova (2020) y López et al. (2019). Es cierto que el factor de predicción es bajo, pero suficiente como para tenerlo en cuenta.

Por último, en **relación con tercer objetivo**, en relación a la edad, se observa una baja correlación entre la edad y diversas variables, debido a las posibles diferencias económicas, habilidades digitales o presencia de dispositivos electrónicos en el hogar, que presenta la muestra como establece Martínez & Fierros (2022). En este caso, el hecho de estar emocionado a la hora de descubrir nuevos dispositivos digitales se sitúa en valores parejos en las edades comprendidas entre los 11 y los 13 años. Pero con 10 años, dichos valores se sitúan por debajo. Con respecto a si sus amigos y familiares tienen un problema con los dispositivos digitales y si ellos pueden ayudarles, son los estudiantes de 13 años, quienes presentan una mayor valoración que el resto de edad, apoyando los resultados de Christoph (2015), Díaz et al. (2020), Moreno (2019) y Murillo & D'Antonio (2019). Esto mismo ocurre con los adolescentes y el sentimiento de comodidad al usar dispositivos digitales con los que están menos familiarizados. Además, si tienen un problema con estos, ellos mismos empiezan a resolverlo. Con respecto a cómo les gusta usar los dispositivos digitales, estos se sienten cómodos utilizándolos en sus casas cuando quieren, considerando Internet, un gran recurso para obtener información (por ejemplo, noticias, deportes, diccionario), este hecho puede estar relacionado con el motivo del distanciamiento de la pandemia como establece Serra et al. (2021). Por el contrario, los estudiantes de 13 años lo valoran por debajo que el resto de edades en la misma línea que los resultados de otros estudios como Blau et al. (2021); Castellano & Pantoja (2017); Corujo et al. (2020); Gniewosz et al. (2014); Gubells et al. (2020) y Serra et al. (2021).

Mientras que, con la edad en alumnos entre 10-13 años, las variables sobre el gusto por usar dispositivos digitales, sentirse cómodo en la casa con las TIC, elegir uno mismo las aplicaciones

si las necesita, sentirse cómodo usando dispositivos digitales con los que están menos familiarizado o instalar un nuevo software o programa, como establecen Castellano & Pantoja (2017), Karapanos & Hawlitschek (2021) y Segura et al. (2020). Al igual que pasa con el género, la predicción es baja, pero suficiente para tenerla en cuenta. En este caso, se puede establecer que el gusto y sentirse cómodo usando dispositivos digitales en casa entre los estudiantes de 13 años, tienen una valoración peor que el resto de edades. En cambio, si necesitan una nueva aplicación, software o programa, la eligen e instalan ellos mismos y se sienten cómodos usando dispositivos digitales con los que están menos familiarizados, los estudiantes de 13 años lo valoran más positivamente que el resto de edades.

Cabe destacar que este estudio confirma que tanto el género como la edad son factores predictivos en el compromiso del uso de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje siguiendo los estudios de Segura et al. (2020) y Stuchlikova, L. (2016).

6.2. Discusión en relación al segundo estudio

Las TIC están cada vez más presente en la vida cotidiana de las personas y es impensable, que las escuelas no las tengan presentes en su metodología con los niños y adolescentes apoyando el estudio de Moreno et al. (2021). Este hecho, permite atender a la diversidad de alumnado para adquirir competencias digitales, a la vez que aprenden y formarlos para la vida laboral digital en la que estamos inmersos, como establecen otros estudios (Casado & Checa, 2020; OCDE, 2017 y Ruíz et al., 2021). En las escuelas es normal separar las ciencias y las artes, sin embargo, en el marco de este estudio las TIC tienen la capacidad de interrelacionarse debido a la creatividad de recursos que pueden generar como también postulan Conradty & Bogner (2020), Demirkiran & Tansu (2021), Hinojo et al. (2020) y Wu et al. (2021). En este sentido, STEAM-EDU y un buen uso educativo planificado y estructurado desde un área específica, repercute de forma transversal en otras áreas del currículo como señalan Condori & Sosa (2019), Kazakoff et al. (2012), Lin & Tsai (2021) y Salmerón & Delgado (2019).

Los hallazgos obtenidos en esta investigación evidencian que el uso de STEAM-EDU y el pensamiento computacional, en el marco de un área, producen un cambio positivo en líneas generales en los resultados de evaluación de la competencia lingüística y matemática, estos datos corroboran las investigaciones de Ayuso et al. (2020), Miller (2019) y Vázquez et al. (2020). Estos avances por encima de la media de aprobados, aunque no son muy destacables en términos de resultados cuantitativos, se han producido en un entorno desfavorecido con un elevado porcentaje de inmigración, donde predomina el español como segunda lengua. Estos datos coinciden también otras investigaciones (Garrote et al., 2018; Lavrenova et al., 2020; Makonye, 2020 y Ramos et al., 2020).

En **referencia con la competencia lingüística**, se muestra una leve mejora de las medias en los años que se desarrolla la metodología STEAM-EDU en entornos desfavorecidos, donde la expresión oral obtiene las mejores puntuaciones, debido a la resolución de problemas oral y trabajo en equipo que implica este tipo de metodologías, como establecen diferentes estudios (Freundt, 2019; Molina et al., 2020, Miller, 2019 y Suárez et al., 2018). Con más detalle, las niñas obtienen mejores resultados que los chicos en todas las destrezas de la competencia lingüística, sin embargo, existe una brecha de género en el campo STEAM como también postula Garrote et al., 2018. Además, los resultados de las familias de alumnos que han nacido en España presentan mejores puntuaciones, es decir, aquellos alumnos que tienen un apoyo lingüístico en el hogar similar al utilizado en las escuelas obtienen mejores resultados como también señala Pholphirul (2017). No ocurre lo mismo con la comprensión escrita, en la que los estudiantes con familiares con antecedentes de inmigración deben descifrar nuevos códigos y procesarlos.

En **relación con la competencia matemática**, a pesar de que STEAM está íntimamente relacionada con la “M” de matemáticas, los resultados son variantes y no se apreció un progreso

considerable en los años que sí se desarrolló el área de Cultura Digital. El cálculo obtuvo mejores resultados que la resolución de problemas, estos datos no están en consonancia con los estudios de Casado & Checa (2020) y Mengmeng et al. (2019). Además, las chicas presentan mejores resultados que los chicos, tanto en cálculo como en resolución de problemas, no existiendo diferencias en este estudio en aquellas familias con y sin antecedentes de inmigración, por tanto, STEAM-EDU atiende a la diversidad como también señalan Caballero (2018) y Garrote et al. (2018).

Focalizando en los resultados obtenidos el curso previo a la implantación del área de cultura digital y los posteriores, se observa un claro aumento en los resultados de ambas competencias. Es destacable en el caso de las chicas, por lo que el uso de STEAM-EDU podría facilitar una mayor visibilidad de la mujer, así como su futura inserción en los campos relacionados con la ciencia y la tecnología, contribuyendo así, a reducir la brecha de género existente actualmente en estos ámbitos, como también consideran Guenaga & Fernández (2020) y Kijima & Sun (2021).

Para finalizar, existe una alta correlación entre la comprensión lectora y la resolución de problemas ratificando la teoría de Condory & Sosa (2019) y Ozcan & Dogan (2018), según la cual, los estudiantes que poseen menor comprensión escrita y lectora tienen más dificultades para resolver problemas matemáticos. Sin embargo, en este contexto donde existe un mayor impacto positivo en la competencia lingüística, destaca que, en la competencia matemática, el mayor impacto positivo es en el cálculo y no en la resolución de problemas, donde la lectura, la discusión y el razonamiento deberían de influir, estos resultados no evidencian los aportes de Botuzova (2020). En este caso concreto, dado que el estudio se realiza en un entorno desfavorecido, donde el español se usa como segunda lengua, sería aconsejable ampliar y profundizar en otros posibles factores que puedan estar dificultando una mejora más destacada de los resultados de aprendizaje.

Tras los resultados de este estudio, se aconseja la implantación desde las primeras edades del desarrollo, como sugiere Zapata (2015) de la metodología STEAM en el ámbito educativo. Esta posibilidad, podría ayudar a aumentar el rendimiento y las habilidades en otras disciplinas y contribuir al desarrollo de la competencia digital en los estudiantes por su carácter transversal como aportan varios estudios (De la Garza, 2019; Kim y Chulhyun, 2016; Webb & LoFaro, 2020 y Wu et al., 2021). El MEyFP y las diferentes consejerías autonómicas de educación deberían reflexionar sobre ello y contemplar su posible inclusión en el currículo, bien de manera transversal en la etapa de Educación Primaria o a través de una asignatura concreta como también señalan las investigaciones (INTEF, 2019; Llorens et al., 2017; Lu & Ma, 2019; Pholphirul, 2017; Webb & LoFaro, 2020). Sería conveniente, incrementar la coordinación y formación digital de docentes para integrar este tipo de metodologías en las aulas como señalan Chu et al. (2018) y Moreno et al. (2021). Esta etapa de transición legislativa, en la que se acaba de aprobar en España la Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre y se articula la aprobación de un nuevo currículo, podría ser un momento propicio para enmarcar este tipo de metodologías en edades tempranas como también señalan Chu et al. (2018), Demirkiran & Tansu (2021), Taljaard (2016) y Wu et al. (2021).

6.3. Discusión en relación al tercer estudio

Tras la suspensión de las clases en los centros educativos, provocada por el confinamiento de la COVID-19, las escuelas españolas tuvieron que adaptar los espacios y recursos a las exigencias y medidas de las instituciones políticas en materia de educación y sanidad como señala el Gobierno de España. Los centros educativos han coexistido con la tecnología como señala Choi (2022). Aunque este hecho, ha presentado un problema para las escuelas en sus proyectos educativos en general y las metodologías de aula en particular. En las escuelas que se incluye la metodología STEAM y poseen Makerspaces y Aulas del Futuro en su proceso de enseñanza-aprendizaje, ha supuesto un antes y un después tras la pandemia. En este sentido, el eje de este estudio STEAM-

EDU también ha sufrido un impacto en sus disciplinas para los estudiantes que procedemos a discutir.

En relación con el primer objetivo de estudio, *comparar cómo influye trabajar con STEAM-EDU en cada una de las dimensiones del estudio antes de la pandemia utilizando diferentes metodologías.* Los datos del estudio pre-test, antes de la pandemia, han mostrado diferentes resultados en los grupos control y experimental. Las dimensiones TRANS_THINK y POST_COM son las de mayor valoración entre los dos grupos.

Estamos de acuerdo con Chang et al. (2021); De la Garza (2019); Gao & Li (2020); González et al. (2021); Moreno et al. (2019); Staribratov et al. (2022) y Urgiles et al. (2022) que TRANS_THINK tiene una mejor valoración estadística en este estudio entre los estudiantes del grupo experimental que emplean STEAM y el Pensamiento Computacional como una disciplina que permite resolver y abordar un problema, no necesariamente de matemáticas y trabajar de manera cooperativa de manera presencial. Este hecho, confirma que discutir cómo abordar una tarea, actividad o problema y co-crear proyectos a través de múltiples disciplinas contribuyen al desarrollo del pensamiento transversal y crítico. Además, las líneas de investigación de Casado & Checa (2020); Conradty & Bogner (2020); Davies & Trowsdaleb (2021); Forte et al. (2021); Freundt (2019); Herro et al. (2017) y Ruíz et al. (2020) apoyan los resultados del grupo experimental que desarrolla la creatividad de los estudiantes al intercambiar opiniones, ideas y realizar co-creaciones de proyectos. También permite comprobar qué realizan otros compañeros al presentar sus proyectos desde cualquier área del currículo, como puede ser la “zona presenta” dentro de un Aula del Futuro, todo ello desde unos espacios motivadores de trabajo para los estudiantes.

Otra disciplina con mayor puntuación para ambos grupos, tanto experimental como control, es POST_COM. Sin embargo, existe una mayor valoración en el grupo experimental sobre el grupo control. Por lo tanto, estos resultados apoyan estudios previos de Al-Mutawah et al. (2021); Chan & Hyun (2022); Chang et al. (2021) y Sucheta (2022), donde STEAM-EDU facilita la comunicación en las escuelas, respetar las ideas de los demás, escuchar y respetar los turnos de palabras. Además, estas habilidades permiten un comportamiento socialmente apropiado entre los iguales de los estudiantes en su vida y desarrolla la expresión y comprensión oral contribuyendo con la competencia lingüística, apoyando las líneas con la investigación de Kazakoff (2012) y Dúo et al. (2022a) desde los Makerspaces y Aula del Futuro como señalan también los estudios previos de Forte et al. (2021) y Freundt (2019).

Por el contrario, la disciplina con menor valor dentro del grupo experimental, aunque por encima de la media, es Enfoques y Tareas (AA_TASK), también con menor valoración con referencia al grupo control que presenta una valoración más alta. Estos datos no se encuentran en línea con los resultados de estudios previos de Kumar et al. (2022); Lim & Tan (2022) y Makrakis (2018). Antes de la pandemia el grupo experimental no consideraba relevante utilizar herramientas tecnológicas en colaboración para abordar tareas, un aprendizaje reflexivo (STREAM), negociar métodos o materiales relevantes para resolver un problema. El aprendizaje por plataformas educativas en línea de manera individual o grupal no era valorado necesario por los estudiantes. Por tanto, los resultados de esta disciplina concuerdan con el estudio de Vargas et al. (2020) en que no era necesario un cambio en los enfoques metodológicos para conseguir habilidades STEAM, en esta disciplina concretamente y antes de la pandemia.

Los datos de las dimensiones Interacción entre Pares (PEER_INT) y Consulta Múltiples opciones (MUL_PATHS), se encuentran por encima de la media de la escala de estudio en ambos grupos y con datos estadísticos similares. Estos resultados sustentan las líneas de investigación de Chondrogianis et al. (2021); Chung & Li (2021); Herro et al. (2021) y Tenhovirta et al. (2022) que resaltan la falta de innovación en las escuelas para desarrollar disciplinas como supervisar y

distribuir tareas con los propios compañeros, negociar roles, comprobar los procesos, realizar preguntas apropiadas para resolver problemas o verificar fuentes de investigación a través de metodologías STEAM en Makerspaces y Aulas del Futuro como establecen los estudios previos de Herro et al (2021) y Sucheta (2022).

La discusión de este objetivo responde de manera positiva con la hipótesis H_1 , a pesar de ser un campo STEAM-EDU con poca investigación sobre metodologías y recursos didácticos como señalan Greca et al. (2021); Hong et al. (2020) y Rodríguez et al. (2021). El grupo experimental que desarrolla las disciplinas STEAM a través del Pensamiento Computacional en Makerspaces y Aula del Futuro, tiene una mejor valoración significativa por parte del grupo experimental en dos disciplinas, TRANS_THINK y POST_COM. Además, en otras dos disciplinas PEER_INT y MUL_PATHS, si bien la valoración es muy similar, son unos datos que podemos considerar positivos. Al utilizar una metodología STEAM estas disciplinas que necesita de formación entre el profesorado y está en vía de implementación en los currículos oficiales de Educación Primaria en España como también señalan Chan & Hyun (2022); Juskeviciene (2020) y Web & LoFaro (2020), al menos, no tienen obtienen una peor valoración entre los estudiantes del grupo experimental frente al grupo control.

En relación con el segundo objetivo de estudio, conocer el impacto que la pandemia de la COVID-19 ha tenido en las disciplinas STEAM. Antes de la pandemia la metodología STEAM-EDU, a través del Pensamiento Computacional desde unos espacios de aprendizaje colaborativo y creativos, tenían una peor valoración en la dimensión AA_TASK. Sin embargo, es destacable que la única dimensión que sufre una mejor valoración significativa en el grupo experimental en el post-test con referencia al pre-test es AA_TASK. En línea con el estudio de Santillán et al. (2020) la pandemia, el confinamiento y posteriormente las restricciones en el aula, han hecho que los estudiantes del grupo experimental de esta investigación valoren mejor la necesidad de trabajar con plataformas digitales en línea.

En línea con Peña et al. (2022) y en consonancia con los resultados del grupo experimental de este estudio las disciplinas POST_COM y TRANS_THINK mejoran en el Aula del Futuro. Sin embargo, a diferencia del primer objetivo que hemos discutido, los datos confirman que la pandemia, junto con las medidas preventivas en las escuelas españolas, han supuesto un impacto en el grupo experimental que desarrollan metodologías activas, como apoya el estudio de Román et al. (2020). Especialmente en PEER_INT, POST_COM y TRANS_THINK de manera negativa, aunque por encima de la media de valoración. Es decir, trabajar en el aula en grupo o intercambiar ideas entre pares a través de campos del Pensamiento Computacional como la robótica, la programación o la Inteligencia Artificial como apoyan estudios de González et al. (2021); Rodríguez et al. (2021); Su et al. (2022) y Tengler et al. (2022), son consideradas beneficiosas para un aprendizaje transdisciplinario. Sin embargo, los resultados de este estudio, los estudiantes del grupo experimental valoran peor estas disciplinas, al trabajar de manera individual y sin poder compartir recursos ni poder desplazarse a espacios creativos.

Los resultados de esta investigación vinculados con la dimensión PEER_INT y sus variables, en relación con los estudios previos de De la Garza (2019) y Gao et al. (2020), los cuales apoyan realizar actividades colaborativas presenciales que requieren de una interacción directa entre alumnos, no están en consonancia con los resultados de este estudio durante la pandemia en el grupo experimental que desarrolla metodologías STEAM-EDU, debido al impacto de las restricciones en las aulas por motivos sanitarios. De la misma manera, los estudios de Peña et al. (2022) y Sánchez (2019) que apoyan el uso de espacio creativos Makerspaces y el Aula del Futuro para investigar, interactuar, explorar, desarrollar, crear y presentar han sido peor valorados por parte grupo experimental en los datos post-test.

La discusión de este objetivo anula la hipótesis H_2 , es decir, las disciplinas STEAM-EDU durante la pandemia son mejor valoradas en el grupo experimental frente al grupo control. Aunque

realmente los resultados del pos-test son evidentes más bajos en el grupo experimental que en el control, incluso en referencia al propio grupo experimental en el pre-test. Podemos considerar estos resultados a favor de STEAM-EDU cuando las clases retomen su completa normalidad y sin restricciones. Esto es debido porque la metodología STEAM-EDU en espacios como Makerspaces y Aula del Futuro generan motivación como señalan los estudios previos Elmi (2020) y Huang (2020) y las restricciones impuestas por la pandemia han interrumpido una forma de trabajo que el grupo experimental consideraba positiva y efectiva.

En referencia al objetivo principal del estudio “Evaluar las dimensiones STEAM en 6º grado de Educación Primaria en época de pandemia”, los resultados post-test del grupo experimental apoyan las líneas de investigación de Greca et al. (2021) y Hong et al. (2020) en relación a que existe poca investigación sobre metodologías y recursos didácticos de STEAM-EDU entre los docentes, que han encontrado durante la pandemia una dificultad añadida, es decir, las restricciones implantadas en los centros educativos por el Gobierno de España. Por último, en el grupo experimental la posibilidad de crear, investigar, interactuar, explorar, desarrollar y presentar, que son zonas del Aula del Futuro y están asociadas estas acciones a la pirámide de la taxonomía de Bloom, son procesos cognitivos enriquecedores que se consiguen a través del Pensamiento Computacional, siguiendo las líneas de investigación Moreno et al. (2019); Rodríguez et al. (2021) y Su et al. (2022). En este estudio los datos pre-test demuestran que son viables, pero no a raíz de la pandemia.

7. Conclusiones

7.1. Conclusiones del primer estudio

En relación con el primer objetivo, se puede concluir que el uso y compromiso de las TIC en estudiantes de 6º de Educación Primaria en el contexto español, después del periodo de confinamiento, es medio-alto. Tomando como referencia el segundo objetivo, se observa cómo el género masculino presenta una mayor valoración en el uso de las TIC que el femenino. Por último, en relación con el tercer objetivo, los estudiantes de 13 años presentan valoraciones por debajo del resto de edades analizadas, como sentirse cómodo usando dispositivos digitales en casa. Además, tanto en el género como en la edad existe una correlación que permite ofrecer elementos predictivos.

Entre las principales limitaciones de este estudio se encuentra la focalización de la muestra elegida, concretamente en 6º de Educación Primaria, en el que se incluyen un rango de edad variables entre 10 y 13 años, con diferentes porcentajes de participación, siendo la edad de 11 años los de mayor muestra. El hecho de desconocer la situación sobrevenida de una pandemia y sus consecuencias y no realizar un pre-test y post-test, no permite establecer el impacto real que ha tenido el confinamiento en los estudiantes de la muestra.

La prospectiva que resulta de esta investigación se focaliza en el uso y el compromiso que tienen los adolescentes en la etapa de Educación Primaria y la disposición, habilidades y compromiso de estos, ante una posible educación híbrida en el futuro, son un recurso real hoy en día, ligado e indispensable en la vida cotidiana de los niños desde edades tempranas, tanto en la escuela como en los hogares, dado el impacto global de la COVID-19 en los procesos de enseñanza.

Por tanto, los resultados de este estudio y los niveles crecientes de uso de TIC como señala Skvarc et al (2021), sugieren la necesidad de garantizar el acceso a las TIC y su uso productivo a los estudiantes, tanto en las escuelas como en los hogares, debido a que estamos inmersos en un ecosistema de innovación educativa, dado el impacto global de la COVID-19 como también establece Martínez & Fierros (2022).

La pandemia ha permitido descubrir las diferencias generadas por el uso de las TIC en los distintos hogares, su uso y motivaciones entre adolescentes. Este hecho no debe pasar desapercibido por las políticas educativas que deben abordar y compensar estas diferencias desde las aulas, para poder hacer frente a los retos que han llegado para quedarse: una educación y, sobre todo, una sociedad digitalizada. Por tanto, nos encontramos ante un futuro incierto en relación con la competencia digital percibida siguiendo la línea de investigación de Vila et al (2020).

Como futuras líneas de investigación se contempla la posibilidad de seleccionar otros niveles y etapas educativas, con el fin de detectar los inicios de evolución del uso y compromiso con las TIC. Además, se puede valorar su relación con otras variables, como la posesión de dispositivos electrónicos, los datos sociodemográficos o el uso de redes sociales y su influencia con los resultados académicos.

7.2. Conclusiones del segundo estudio

Los resultados obtenidos en el estudio permiten extraer las siguientes conclusiones:

7.2.1. En relación con el primer objetivo

- Emplear STEAM-EDU de forma continuada, en el marco de una materia de libre configuración y en un contexto desfavorecido, produce beneficios en los resultados de aprendizaje en la competencia lingüística de los estudiantes de tercer nivel de Educación Primaria.
- El uso de STEAM-EDU contribuye a desarrollar la competencia lingüística, por este orden: expresión oral, comprensión oral, expresión escrita y, en menor medida, comprensión escrita.
- STEAM-EDU tiene un mayor impacto en las chicas en todos los componentes evaluados de la competencia lingüística.
- STEAM-EDU influye de manera positiva en el rendimiento de los estudiantes que tienen antecedentes de inmigración en sus progenitores, aunque sus resultados de aprendizaje en la competencia lingüística y en todos sus componentes son más bajos que los de aquellos alumnos que no tienen antecedentes de inmigración.

7.2.2. En relación al segundo objetivo

- La incorporación de STEAM-EDU tiene un impacto positivo en los resultados en competencia matemática en todos los estudiantes, especialmente en aquellos cuyos progenitores han nacido en España.
- Los resultados del estudio, evidencian mejores resultados de aprendizaje en el cálculo que en la resolución de problemas.
- Las chicas obtienen mejores resultados en las destrezas de cálculo y resolución de problemas que los chicos.

7.2.3. En relación al tercer objetivo

- Durante los años en que se ha utilizado STEAM-EDU se han obtenido mejores resultados en competencia lingüística y en sus destrezas, respecto al año en que no se ha empleado.
- STEAM-EDU contribuye al desarrollo de los resultados en la competencia matemática para todo el alumnado, especialmente en el cálculo. Sin embargo, en la resolución de problemas aunque los resultados mejoran, hasta el momento se encuentran ligeramente por debajo del aprobado.
- Los resultados en matemáticas son inferiores a los alcanzados en la competencia lingüística, quizás porque los estudiantes discuten, debaten, explican sus razones, exponen

en Makerspaces..., y todo ello contribuye a desarrollar la expresión y comprensión oral, que es donde se han obtenido los mejores resultados.

7.2.4. En relación al cuarto objetivo

Existe una correlación positiva entre comprensión escrita y resolución de problemas que permite asociar que la mejora de la comprensión lectora contribuye a mejorar también la competencia para resolver problemas.

El estudio aporta datos de interés que ponen de manifiesto el impacto de STEAM-EDU. Sin embargo, el estudio se circunscribe a un colegio muy concreto y a un alumnado específico en un contexto desfavorecido. Sería interesante ampliar la muestra y los contextos de estudio.

Los resultados obtenidos y las conclusiones invitan a profundizar en otras posibles correlaciones y líneas de investigación. Son varios los autores que destacan el factor motivacional e innovador que producen las TIC en el ámbito educativo (Colucci et al., 2021; Demirkiran y Tansu, 2021; Hinojo et al., 2020; Makonye, 2020) y que pueden influir en el desarrollo de las competencias lingüística y matemática. Sería, pues, recomendable, realizar estudios cuasi-experimentales, con grupo experimental y control, en entornos desfavorecidos y analizar su impacto en el aprendizaje de estas u otras competencias. El uso de STEAM-EDU está en auge, pero las investigaciones centradas en ella son un campo de indagación reciente. Es necesario ampliar la investigación en este campo y profundizar en las formas de integrarla en el sistema educativo, en cómo incentivar y formar su uso entre los docentes y en desvelar su auténtica contribución a la inclusión educativa y social del alumnado desfavorecido.

7.3. Conclusiones del tercer estudio

Las conclusiones de esta investigación son que las metodologías basadas en Pensamiento Computacional dentro de Makerspaces y Aula del Futuro, antes de la pandemia estaban desarrollando un impacto positivo en las disciplinas STEAM, excepto en la dimensión AA_TASK, donde todavía en esos momentos no era tan relevante el uso de plataformas digitales para trabajar en el aula. Por tanto, la motivación que genera a los estudiantes de esta sociedad digital trabajar con herramientas y recursos tecnológicos en el aula es un hecho incuestionable que repercute en las disciplinas STEAM, siempre desde un enfoque didáctico y pedagógico.

Otra conclusión de este estudio es que las restricciones de uso de espacios comunes e intercambio de recursos tecnológicos debido a la pandemia, han sido perjudiciales para los centros educativos que desarrollan el Pensamiento Computacional en espacios creativos, perjudicando en las disciplinas STEAM, debido a que esta metodología implica el “saber hacer” y una educación bidireccional, donde el docente es el guía y los estudiantes los protagonistas. Sin embargo, podemos comprobar que una bajada de ratio tras la pandemia, ha influido positivamente en las valoraciones del grupo control en el post-test, no pudiendo determinar qué hubiera ocurrido si el grupo experimental hubiera trabajado metodologías activas a través del Pensamiento Computacional en Makerspaces y Aulas del Futuro en grupos más reducidos sin restricciones sanitarias.

Entre las principales limitaciones de este estudio se encuentra la muestra seleccionada únicamente para el alumnado de 6º de Educación Primaria y en una zona sociodemográfica concreta en el ámbito español. Este estudio se puede transpolar a otros niveles y etapas educativas y relacionar con otras variables como pueden ser el género, las características sociodemográficas o el uso de dispositivos electrónicos en los hogares y escuelas.

Como futuras líneas de investigación se pueden realizar estudios a partir de septiembre del año 2022 sobre el impacto que supondrá las disciplinas STEAM en las escuelas españolas. El Gobierno de España pondrá en marcha el Plan Código Escuela 4.0 y supondrá una inversión de 356 millones de euros en los próximos dos años, incluyendo en su currículo de manera oficial el Pensamiento Computacional y la robótica en las etapas de Educación Infantil, Educación Primaria y Educación Secundaria en centros sostenidos con fondos públicos. Estos campos son

considerados por el gobierno de España como el nuevo idioma del presente y del futuro en las escuelas.

Los hallazgos de este estudio son de interés para investigadores y profesionales del mundo educativo, tanto de la educación formal como informal. Es importante tomar conciencia que las herramientas y dispositivos tecnológicos y digitales tienen un carácter destacado en muchas tareas cotidianas, incluso en el mundo laboral. Las políticas y centros deben incluir actividades formativas relacionadas con el Pensamiento Computacional desde Makerspaces y Aulas del Futuro desde edades tempranas para fomentar las disciplinas STEAM. Si el mundo laboral necesita de profesiones que requieran habilidades digitales y tecnológicas, las escuelas son el primer eslabón para conseguirlo.

7.4. Conclusiones finales

En el conjunto del estudio podemos extraer como conclusiones finales que STEAM en educación y concretamente en la etapa de primaria, motiva a los estudiantes porque utiliza las TIC como elemento motivador y recurso metodológico. El pensamiento computacional y las tecnologías multisensoriales presentes en las actividades de enseñanza-aprendizaje en los espacios de creación, influyen de manera transversal y multidisciplinar en otras disciplinas. STEAM permite establecer roles durante las actividades, desarrollar el pensamiento crítico y fomentar el trabajo en equipo, influyendo en las competencias lingüística y matemática en entornos desfavorables. Sin embargo, aunque la pandemia ha supuesto un impacto creciente en el uso de dispositivos electrónicos en todas las generaciones, tanto adultos como niños, es necesario mayor formación en el ámbito educativo de los docentes en STEAM dado su amplio abanico, como pueden ser la robótica, la programación o la inteligencia artificial.

Como limitaciones de este estudio, se encuentra que son pocos los grupos experimentales que emplean STEAM con docentes cualificados y formados, antes y durante el periodo de pandemia. Tras la incorporación de la competencia STEM y el pensamiento computacional en el nuevo currículo educativo en España en los próximos años crecerán las experiencias didácticas educativas a través de STEAM y la formación docente en este ámbito, por tanto, se considera un momento oportuno para abrir nuevas líneas de investigación en el campo STEAM en la educación, pudiendo extenderse tanto a la formación de los docentes, como en el rendimiento académico de los estudiantes de todas las etapas educativas y a sus inquietudes hacia el mercado laboral relacionado con STEAM.

8. Referencias bibliográficas

- Abreu, J. L. (2015). Analysis to the Research Method. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(1), 205-214. [http://www.spentamexico.org/v10-n1/A14.10\(1\)205-214.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n1/A14.10(1)205-214.pdf)
- Aesaert, K. & Nijlen, D.; Vanderlinde, R.; Tondeur, J.; Devlieger, I. & Van Braak, J. (2015). The Contribution of Pupil, Classroom and School Level Characteristics to Primary School Pupils' ICT Competences: A Performance-based Approach. *Computers & Education*. 87. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.014>
- Al-Mutawah, M. A.; Thomas, R.; Preji, N.; Alghazo, Y. M. & Mahmoud, E. Y. (2022). Theoretical and Conceptual Framework for A STEAM-Based Integrated Curriculum. *Journal of Positive School Psychology*, 6, 5045–5067. <https://mail.journalppw.com/index.php/jpsp/article/view/7468/4872>
- Álvarez, M. (2017). Development of computational thinking in primary education: an educational experience with Scratch. *Journal of Education Sciences*, 1, 45-64. <https://doi.org/10.17345/ute.2017.2.1820>
- Andyani, H.; Setyosari, P.; Wiyono, B. & Djatmika, E. (2020). Does Technological Pedagogical Content Knowledge Impact on the Use of ICT in Pedagogy? *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15, 126. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i03.11690>
- Anisimova, T.; Sabirova, F. & Shatunova, O. (2020). Formation of Design and Research Competencies in Future Teachers in the Framework of STEAM Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(2), 204-217. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i02.11537>
- Anito, J. & Morales, M. (2019). The Pedagogical Model of Philippine STEAM Education: Drawing Implications for the Reengineering of Philippine STEAM Learning Ecosystem. *Universal Journal of educational research*, 7(12), 2662-2669. <https://doi.org/10.13189/ujer.2019.071213>
- Aula Planeta. (s.f.). *Andalucía implanta la asignatura Cultura y práctica digital en 6º de Primaria*. Consultado el 29 de marzo de 2021. <https://www.aulaplaneta.com/2015/09/25/noticias-sobre-educacion/andalucia-implanta-la-asignatura-cultura-y-practica-digital-en-6-o-de-primaria/>
- Bassachs, M., Cañabate, D.; Nogué, L., Serra, T., Bubnys, R. & Colomer, J. (2020). Fostering Critical Reflection in Primary Education through STEAM Approaches. *Education Sciences*, 10(12), 384. <https://doi.org/10.3390/educsci10120384>
- Bati, K.; Yetişir, M.; Çalişkan, I.; Gunes, G. & Saçan, E. (2018). Teaching the concept of time: A steam-based program on computational thinking in science education. *Cogent Education*, 5. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2018.1507306>
- Bisquerra, R. (2004). Metodología de la investigación educativa. *La Muralla*. https://www.academia.edu/38170554/metodolog%C3%8da_de_la_investigaci%C3%93n_educativa_rafael_bisquerra_pdf
- Blau, I; Shamir, T. & Hadad, S. (2020). Digital collaborative learning in elementary and middle schools as a function of individualistic and collectivistic culture: The role of ICT coordinators' leadership experience, students' collaboration skills, and sustainability. *Journal of Computer Assisted Learning*. <https://doi.org/10.1111/jcal.12436>

- Borgonovi, F. & Pokropek, M. (2021). *The evolution of the association between ICT use and reading achievement in 28 countries*, 21-14. Quantitative Social Science-UCL Social Research Institute, University College London.
- Botuzova, Y. V. (2020). Experience of using ICT tools for teaching mathematical analysis to future teachers of mathematics. *ICT and learning tools in the higher education establishments*, 75(1). <https://doi.org/10.33407/itlt.v75i1.2530>
- Bush, S., Cook, K., Edelen, D. & Cox, R. (2020). Elementary Students' STEAM Perceptions: Extending Frames of Reference Through Transformative Learning Experiences. *The Elementary School Journal*, 120(4). <https://doi.org/10.1086/708642>
- Caballero, D. (2010). *Scholar difficulties in arab and spanishamerican immigrant children*. 2nd International Conference on Education and New Learning Technologies. IATED, 105-109. <https://library.iated.org/view/caballeromariscal2010sch>
- Cabero, J. & Infante, A. (2014). Use of the Delphi method and its use in communication and education research. *EduTec. Electronic Journal of Educational Technology*, 48, 1-16. <https://doi.org/10.21556/edutec.2014.48.187>
- Casado, R. & Checa, M. (2020). Robotics and STEAM Projects: Development of creativity in Primary Education classrooms. *Píxel-Bit: Revista de Medios y Educación*, 58, 51-69. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>
- Castellano, E.A. & Pantoja, A. (2017). Efficacy of an intervention program based on the use of ICT in tutoring. *Journal of Educational Research*, 35(1), 215-233. <http://dx.doi.org/10.6018/rie.35.1.248831>
- Chan, P. & Hyun, J. (2022). Review on Teachers' Digital Competency Based on Digital Technology Integration Model for 2022 Revised Curriculum. *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 25, 17-27. DOI: [10.32431 / kace.2022.25.1.002](https://doi.org/10.32431/kace.2022.25.1.002)
- Chan, P. & Hyun, J. (2020). K-TIHM: Korean Technology Integration Hierarchy Model for Teaching and Learning in STEAM Education. *Journal of the Korean Society for Information Technology*, 10, 111-123. <http://dx.doi.org/10.14801/JAITC.2020.10.2.111>
- Chang, D.; Hwang, G.J.; Chang, S.C. & Shen, Y. (2021). Promoting students' cross-disciplinary performance and higher order thinking: a peer assessment-facilitated STEM approach in a mathematics course. *Educational Technology Research and Development*, 69, 3281-3306. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10062-z>
- Choi, I. (2022). A Study on Spatial Characteristics of Flipped Learning-based STEAM Educational Environment. *Journal of Korea Institute of Spatial Design*, 17, 33-34. Doi: [10.35216/kisd.2022.17.3.33](https://doi.org/10.35216/kisd.2022.17.3.33)
- Chondrogiannis, E.; Symeonaki, E.; Papachristos, D.; Loukatos, D. & Arvanitis, K.G. (2021). Computational Thinking and STEM in Agriculture Vocational Training: A Case Study in a Greek Vocational Education Institution. *Eur. J. Investig. Health Psychol. Educ.*, 11, 230-250. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11010018>
- Christoph, G.; Goldhammer, F.; Zylka, J. & Hartig, J. (2015). Adolescents' computer performance: The role of self-concept and motivational aspects. *Computers & Education*, 81, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.09.004>
- Chu, H., Martin, S. y Park, J. (2018). A Theoretical Framework for Developing an Intercultural STEAM Program for Australian and Korean Students to Enhance Science Teaching and Learning. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17, 1251-1266. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9922-y>

- Chung, S. K. & Li, D. (2021). Issues-Based STEAM education: A case study in a Hong Kong secondary school. *International Journal of Education & the Arts*, 22. <http://doi.org/10.26209/ijea22n3>
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*, Sixth Edition. Routledge/Taylor & Francis Group.
- Colucci, L.; Burnard, P.; Gray, D. & Cooke, C. A. (2019). Critical Review of STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). In *Oxford Research Encyclopedia of Education*. Retrieved March 22, 2022. <https://oxfordre.com/education/view/10.1093/acrefore/9780190264093.001.0001/acrefore-9780190264093-e-398>
- Condori, W. W. & Sosa, F. (2019). La comprensión de lectura y su relación con la resolución de problemas matemáticos. *Revista de investigaciones de la escuela de posgrado de la una puno*, 8(2), 1037-1047. <https://doi.org/10.26788/epg.v8i2.895>
- Conradty, C. & Bogner, F. X. (2020). STEAM teaching professional development works: effects on students' creativity and motivation. *Smart Learn. Environ*, 7. <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00132-9>
- Consejo Escolar de Gobierno. (2019). *Informe 2019 sobre el estado del sistema educativo Ceuta y Melilla Curso 2017-2018*. Ministerio de Educación y Formación Profesional. [DOI:10.4438/i19cee](https://doi.org/10.4438/i19cee)
- Corral, D. & Fernández, J. J. (2021). Education exposed after the pandemic of COVID-19. Shortcomings and challenges. *Aularia*, 10(1), 21-28. <https://www.aularia.org/Articulo.php?idart=422&idsec=5>
- Corujo, M^a. C.; Gómez, M^a. T. & Merla, A. E. (2020). Constructivist and collaborative methodology mediated by ICT in Higher education. Pixel-Bit. *Revista de Medios y Educación*, 57, 7-57. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.01>
- Davies, R; Trowsdale, J. (2021). The culture of disciplines: Reconceptualising multi-subject curricula. *British Educational Research Journal*, 47, 1434-1446. <https://doi.org/10.1002/berj.3735>
- De la Garza, A. (2019). Internationalizing the Curriculum for STEAM (STEM + Arts and Humanities): From Intercultural Competence to Cultural Humility. *Journal of Studies in International Education*, 25, 123-135. <https://doi.org/10.1177/1028315319888468>
- Delić, A. & Gadžo N. (2018) Implementation of ICT in Education. In: Hadžikadić M., Avdaković S. (eds) *Advanced Technologies, Systems, and Applications II. IAT 2017. Lecture Notes in Networks and Systems*, 28. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71321-2_18
- Delić, A. (2018) Modern Teaching Approaches. In: Hadžikadić M., Avdaković S. (eds) *Advanced Technologies, Systems, and Applications II. IAT 2017. Lecture Notes in Networks and Systems*, 28. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-71321-2_19
- Demirkiran, M., & Tansu Hocanin, F. (2021). An investigation on primary school students' dispositions towards programming with game-based learning. *Education and Information Technologies*, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10430-5>
- Díaz, A.; Maquilón, J. & Mirete, A.B. (2020). Maladaptive use of ICT in adolescence: Profiles, supervision and technological stress. *Comunicar*, 28(64), 29-38. <https://doi.org/10.3916/C64-2020-03>

- Drakopoulos, V. & Vlasios, P. (2021). Enhancing Primary School Teaching through Virtual Reality. *Journal of Computer Science Research*, 03(2). <https://doi.org/10.30564/jcsr.v3i2.2777>
- Dubek, M.; DeLuca, C. & Rickey, N. (2021). Unlocking the potential of STEAM education: How exemplary teachers navigate assessment challenges. *The Journal of Educational Research*, 114, 513-525. <https://doi.org/10.1080/00220671.2021.1990002>
- Duo, P.; Hinojo F.J.; Moreno, A. J. & López, J.A. (2022a). STEAM in Primary Education. Impact on Linguistic and Mathematical Competences in a Disadvantaged Context. *Front. Educ.*, 7:792656. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.792656>
- Dúo, P.; López, L.; Pozo, S. & Carmona, N. (2022c). *Computational thinking in education*. In Carrión, J. J.; López, L.; Reyes, M.; Pérez, E. Didactic proposals and research in the higher education. Dykinson book (49-56).
- Dúo, P.; Moreno, A.J. & Marín, J. A. (2022b). ICT Motivation in Sixth-Grade Students in Pandemic Times. The Influence of Gender and Age. *Education Sciences*, 12, 183. <https://doi.org/10.3390/educsci12030183>
- Elmi, C. (2020). Integrating Social Emotional Learning Strategies in Higher Education. *Eur. J. Investig. Health Psychol. Educ.*, 10, 848-858. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10030061>
- Fernández, A. (2020). Social coexistence and linguistic challenges in Ceuta and Melilla. *Hispanismes*, 16. <https://doi.org/10.4000/hispanismes.748>
- Ferrada, C., Carrillo, J., Díaz, D. & Silva, F.(2020). Robotics from stem areas in primary school: A systematic review. *Education in the Knowledge Society*, 21(22). <https://doi.org/10.14201/eks.22036>
- Forte, J.; Ibarra, L. & Glasserman, L.D. (2021). Analysis of Creative Thinking Skills Development under Active Learning Strategies. *Education Sciences*, 11, 621. <http://dx.doi.org/10.3390/educsci11100621>
- Freundt, V. (2019). *The makerspace as a space to foster creativity and collaborative learning in 4th and 5th grade high school students from a public school in Callao from a formal educational approach*. Master's thesis, Pontifical Catholic University of Peru, Repository ProQuest Dissertations Publishing. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/13292> (accessed on 10 may 2022)
- Gao, X.; Li, P.; Shen, J. & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00225-4>
- García, R. O. & García, C. E. (2020). STEAM methodology and its use in Mathematics for high school students in times of the Covid-19 pandemic. *Science Domain*, 6, 163-180. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1212>
- Garrote, D., Arenas, J.A., & Jiménez, S. (2018). Las TIC como herramientas para el desarrollo de la competencia intercultural. *EDMETIC, Revista de Educación Mediática y TIC*, 7(2), 166-183. <https://doi.org/10.21071/edmetic.10543>
- Ghobadi, S. & Ghobadi, Z. (2015). How access gaps interact and shape digital divide: a cognitive investigation. *Behaviour & Information Technology*, 34(4), 330-340. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2013.833650>
- Gniewosz, G.; Goldhammer, F.; Zylka, J. & Hartig, J. (2014). Adolescents' computer performance: The role of self-concept and motivational aspects. *Computers & Education*. 81. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.09.004>

- Gobierno de España. (2020). Medidas de prevención, higiene y promoción de la salud frente al COVID-19 para los centros educativos en el curso 2020-2021. *Ministerio de Sanidad y Ministerio de Educación y Formación Profesional*. <https://www.educacionyfp.gob.es/dam/jcr:7e90bfc0-502b-4f18-b206-f414ea3cdb5c/medidas-centros-educativos-curso-20-21.pdf>
- Gómez, N. & Mediavilla, M. (2021). Exploring the relationship between Information and Communication Technologies (ICT) and academic performance: A multilevel analysis for Spain. *Socio-Economic Planning Sciences*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101009>
- González, M. O.; González, Y. A. & Muñoz, C. (2021). Panorama of educational robotics in favor of STEAM learning. *Eureka Journal on Science Teaching and Dissemination*, 18. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i2.2301
- Greca, I.; Ortiz, J. & Arriasecq, I. (2021). Design and evaluation of a STEAM teaching-learning sequence for primary education. *Journal Eureka on Teaching and Dissemination of Sciences*, 18, 1802. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1802
- Gubbels, J.; Swart, N. & Groen, M. (2020). Everything in moderation: ICT and reading performance of Dutch 15-year-olds. *Large-scale Assessments in Education*, 8. <https://doi.org/10.1186/s40536-020-0079-0>
- Guenaga, M. & Fernández, L. (2020). Inspira STEAM: breaking the confidence gap with female roles. *Revista de Investigaciones Feministas*, 11(2), 273-286. <https://doi.org/10.5209/infe.65836>
- Gutiérrez, H.; Aristizabal, J. H. & Rincón, J. A. (2020). Visualization processes in the resolution of mathematical problems at the basic primary level supported by ICT-mediated learning environments. *Sophia*, 16(1), 120-132. <https://doi.org/10.18634/sophiaj.16v.1i.975>
- Haramija, D. (2021). Developing Reading Literacy in Immigrant Pupils with an Easy-to-Read and/or Plain Language Model. *Sodobna Pedagogika*, 72(138), Issue 2. https://www.sodobna-pedagogika.net/en/articles/02-2021_developing-reading-literacy-in-immigrant-pupils-with-an-easy-to-read-and-or-plain-language-model/
- Hernández, R.; Fernández, C.; Baptista, P. Definition of the scope of the research to be carried out: exploratory, descriptive, correlational or explanatory. In Hernández, R.; Fernández, C. & Baptista, P. *Investigation methodology 2014* (6^o ed., 88-101).
- Herro, D.; Quigley, C.; Andrews, J. & Delacruz, G. (2017). Co-Measure: developing an assessment for student collaboration in STEAM activities. *International Journal of STEM Education*, 4. <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0094-z>
- Herro, D.; Quigley, C. & Abimbade, O. (2021). "Assessing elementary students' collaborative problem-solving in makerspace activities". *Information and Learning Sciences*, 122, 774-794. <https://doi.org/10.1108/ILS-08-2020-0176>
- Hietajarvi, L.; Tuominen, H.; Hakkarainen, K.; Salmela, K., & Lonka, K. (2014). Is Student Motivation Related to Socio-digital Participation? A Person-oriented Approach. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.226>
- Hinojo F. J., Dúo P., Ramos, M., Rodríguez, C. & Moreno, A. J. (2020). Scientific Performance and Mapping of the Term STEM in Education on the Web of Science. *Sustainability*, 12(6), 2279. <https://doi.org/10.3390/su12062279>
- Hong, J. C.; Ye, J. H.; Ho, Y. J. & Ho, H.Y. (2020). Developing inquiry and hands-on learning model to guide STEAM lesson planning for kindergarten children. *Journal of Baltic Science Education*, 19, 908-922. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.908>

- Huang, F. (2020). Effects of the Application of STEAM Education on Students' Learning Attitude and Outcome. The Case of Fujian Chuanzheng Communications College. *Revista de Cercetare si Interventie Sociala*, 69, 349-356. <https://doi.org/10.33788/rcis.69.23>
- Ihme, J.M. & Senkbeil, M. (2017). Why adolescents cannot realistically assess their own computer-related skills. *Journal of Developmental and Educational Psychology*, 49(1), 24-37. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000164>
- INEE. (2017). *Evaluaciones internacionales*. Ministerio de educación y formación profesional (Consultado el 02/10/2021). <http://educalab.es/inee/evaluaciones-internacionales>
- INEE. (s.f.). *Evaluación de tercer curso de Educación Primaria. Cuestionarios interactivos*. Ministerio de educación y formación profesional. Consultado el 10 de abril de 2021. <https://www.educacionyfp.gob.es/docroot/contenido-estatico/inee/cuestionarios-interactivos/menu.html>
- INTEF. (2019). Así se enseña robótica y programación en las aulas españolas. *Revista Educación* 3.0. <https://www.educaciontrespuntocero.com/noticias/robotica-y-programacion-espana/>
- INTEF. (s.f.). *Future Classroom*. Ministry of Education and Vocational Training [Accessed February 19, 2022]. <https://intef.es/tecnologia-educativa/aula-de-futuro>
- INTEF. (s.f.). *Network of Future Classroom centers*. Ministry of Education and Vocational Training. Government of Spain. [Accessed February 19, 2022]. <https://auladelfuturo.intef.es/red-adf/>
- Jamieson, R. & Finger, G. (2009). Measuring and Evaluating ICT Use: Developing an Instrument for Measuring ICT Use. *Handbook of Research on New Media Literacy at the K-12 Level: Issues and Challenges*. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-120-9.ch021>
- Jöreskog, K.G. *Analysis of ordinal variables 2: Cross-Sectional Data. Text of the workshop "Structural equation modelling with LISREL 8.51"*; Friedrich-Schiller-Universität Jena: Jena, 2001, 116-119.
- Juskeviciene, A. (2020). STEAM Teacher for a Day: A Case Study of Teachers' Perspectives on Computational Thinking. *Informatics in Education*, 19, 33-50. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.03>
- Karapanos, M. & Hawlitschek, P. (2021). Advantage through technology? On the role of technology readiness and technology equipment for studying from home. *Educational Research Journal*, 11, 567-587. <https://doi.org/10.1007/s35834-021-00322-6>
- Karpiński, Z., Di Pietro, G. & Biagi, F. (2021). Computational thinking, socioeconomic gaps, and policy implications. *IEA Compass: Briefs in Education*, 12. <https://www.iea.nl/publications/series-journals/iea-compass-briefs-education-series/january-2021-computational>
- Kaya, V.H. & İnci, S. (2021). How does Information and Communications Technology Influence Turkish Students' Science Achievement? *Journal of Computer and Education Research*, 9(18), 754-770. <https://doi.org/10.18009/jcer.900695>
- Kazakoff, E., Sullivan, A. & Bers, M. (2012). The Effect of a Classroom-Based Intensive Robotics and Programming Workshop on Sequencing Ability in Early Childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41, 244-255. <https://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>
- Kijima, R. & Sun, K. (2020). 'Females Don't Need to be Reluctant': Employing Design Thinking to Harness Creative Confidence and Interest in STEAM. *International Journal of Art & Design Education*, 40, 66-81. <https://doi.org/10.1111/jade.12307>

- Kim, J. O. & Kim, J. (2018). Development and Application of Art Based STEAM Education Program Using Educational Robot. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 10, 46–57. <https://doi.org/10.4018/ijmbli.2018070105>
- Kumar, A., Archana, G. S. & Deepti, K. (2022). Impact of AR-based collaborative learning approach on knowledge gain of engineering students in embedded system course. *Education and Information Technologies*, 82. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10858-9>
- Kunina, O. & Goldhammer, F. (2020). ICT Engagement: a new construct and its assessment in PISA 2015. *Large-scale Assess Educ* 8, 6. <https://doi.org/10.1186/s40536-020-00084-z>
- Landis, J.R. & Koch, G.G. (1997). The measure of observer agreement for categorical data. *Biometría*, 33, 159–174.
- Lavrenova, M., Lalak, N., y Molnar, T. (2020). Preparation of Future Teachers for Use of ICT in Primary School. *Revista Romaneasca pentru Educatie Multidimensionala*, 12(1), 185-195. <https://doi.org/10.18662/rrem/12.1sup1/230>
- Lepičnik, J. & Bagon, S. (2016). Motivation for Using ICT and Pupils with Learning Difficulties. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 11(10), 70–75. <https://doi.org/10.3991/ijet.v11i10.5786>
- Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín oficial del Estado*, núm. 295, de 10 de diciembre de 2013. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-12886-consolidado.pdf>
- Ley Orgánica de 3 de mayo de Educación. *Boletín Oficial del Estado*, nº 106, of May 4, 2006, 17158-17207. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2006/05/03/2>
- Lezhnina, O. & Kismihók, G. (2021). Combining statistical and machine learning methods to explore German students' attitudes towards ICT in PISA. *International Journal of Research & Method in Education*. <https://doi.org/10.1080/1743727X.2021.1963226>
- Lim, S; Tan, K. (2022). Teaching Descriptive Writing via Google Classroom Stream: Perception Among Year 6 Primary Students. *Theory and Practice in Language Studies*, 12, 647-657. <https://doi.org/10.17507/tpls.1204.04>
- Lin, Chien-Liang & Tsai, Chun-Yen. (2021). The Effect of a Pedagogical STEAM Model on Students' Project Competence and Learning Motivation. *Journal of Science Education and Technology*, 30, 112-124. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09885-x>
- Llorens, F., García, F., Prieto, X., & Vendrell, E. (2017). La enseñanza de la informática, la programación y el pensamiento computacional en los estudios preuniversitarios. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 18(2), 7-17. <https://doi.org/10.14201/eks2017182717>
- López, J.; Pozo, S.; Fuentes, A. & Vicente, M. (2019). Popular games as a teaching resource for the improvement of healthy living habits in the digital time. *Retos*, 36, 266-272. <https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.67812>
- López, J.A.; López, J.; Moreno, A.J. & Marín, J.A. (2020). Dietary Intervention through Flipped Learning as a Techno Pedagogy for the Promotion of Healthy Eating in Secondary Education. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 3007. <https://doi.org/10.3390/ijerph17093007>
- Lu, C.C. & Ma, S.Y. (2019). Diseño del curso STEAM para capacitar a los estudiantes de primaria en la alfabetización STEAM: Tomando como ejemplo la "bestia de imitación de animales". *Revista de Investigación en Ciencias de la Educación*, 64 (3), 85-118. [https://doi.org/10.6209/JORIES.201909_64\(3\).0004](https://doi.org/10.6209/JORIES.201909_64(3).0004)

- Ma, Y. & Qin, X. (2021). Measurement invariance of information, communication and technology (ICT) engagement and its relationship with student academic literacy: Evidence from PISA 2018. *Studies in Educational Evaluation*, 68, 100982. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2021.100982>
- Mailizar, A., Maulina, S. & Bruce, S. (2020). Secondary School Mathematics Teachers' Views on E-learning Implementation Barriers during the COVID-19 Pandemic: The Case of Indonesia. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16 (7). <https://doi.org/10.29333/ejmste/8240>
- Mailizar, A.; Maulina, S.; Bruce, S. (2020). Secondary School Mathematics Teachers' Views on E-learning Implementation Barriers during the COVID-19 Pandemic: The Case of Indonesia. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16. <https://doi.org/10.29333/ejmste/8240>
- Makonye, J. (2020). Teaching young learners pre-number concepts through ICT mediation. *Research in Education*, 108 (1), 3–21. <https://doi.org/10.1177/0034523719840051>
- Makrakis, V. (2018). From STEM to STEAM and to STREAM enabled through meaningful critical reflective learning. Conference: 2nd International Conference on Innovating STEM Education, 24-28 June, 2018, Deutsch School Athens. [accessed Jul 21 2022]. https://www.researchgate.net/publication/346965218_From_STEM_to_STEAM_and_to_STREAM_enabled_through_meaningful_critical_reflective_learning
- Marín, J. A.; Moreno, A.J.; Dúo, P. & López, J. (2021). STEAM in education: a bibliometric analysis of performance and co-words in Web of Science. *International Journal of STEM Education*, 8. <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00296-x>
- Marín, J. A.; Soler, R.; Moreno, A.J. & López, J. (2020). Effectiveness of Diet Habits and Active Life in Vocational Training for Higher Technician in Dietetics: Contrast between the Traditional Method and the Digital Resources. *Nutrients*, 12, 3475. <https://doi.org/10.3390/nu12113475>
- Martínez, M. & Fierros, I. (2022). Determinants of internet use by school-age children: The challenges for Mexico during the COVID-19 pandemic. *Telecomm Policy*, 46(1). <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102241>
- McCahey, A., Allen, K.A. & Arslan, G. (2021). Information communication technology use and school belonging in Australian high school students. *Psychology in the Schools*. 58(12). <https://doi.org/10.1002/pits.22600>
- McMillan, J.H. & Schumacher, S. (2011). *Investigación educativa. Una introducción conceptual* (5ªed.). Pearson.
- Mengmeng, Z., Xiantong, Y. & Xinghua, W. (2019). Construction of STEAM Curriculum Model and Case Design in Kindergarten. *American Journal of Educational Research*, 7(7), 485-490. <https://doi:10.12691/education-7-7-8>
- Miller, J. (2019). Educación STEM en los años primarios para apoyar el pensamiento matemático: uso de la codificación para identificar estructuras y patrones matemáticos. *ZDM Mathematics Education*, 51, 915–927. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01096-y>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional (2019). *Datos y cifras. Curso escolar 2019-20*. MEFP. <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/datos-y-cifras-curso-escolar-20192020/ensenanza-estadisticas/23109>
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (s.f.). Escuela de Pensamiento computacional e Inteligencia Artificial. *INTEF*. Consultado el 25 de marzo de 2021. <https://intef.es/tecnologia-educativa/pensamiento-computacional/>

- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (s.f.). Evaluación de tercer curso de Educación Primaria. *Instituto Nacional de Evaluación Educativa*. Consultado el 31 de marzo de 2021. <https://www.educacionyfp.gob.es/inee/evaluaciones-nacionales/evaluacion-tercero-primaria.html>
- Molina, A., Adamuz, N. & Bracho, R. (2020). La resolución de problemas basada en el método de Polya usando el pensamiento computacional y Scratch con estudiantes de Educación Secundaria. *Aula Abierta*, 49(1), 83-90. <https://doi.org/10.17811/rifie.49.1.2020.83-90>
- Moreno, A. J.; López, J.; Pozo, S. & Fuentes, A. (2019a). Influence of the context in the use of ICT devices in Basic Vocational Training. *EDMETIC*, 9(1), 149-169. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v9i1.12195>
- Moreno, A.J.; Alonso, S.; Ramos, M.; Campos, M.N. & Gómez, G. (2020b). Augmented Reality as a Resource for Improving Learning in the Physical Education Classroom. *International Journal of environmental research and public health*, 17, 3637. <https://doi.org/10.3390/ijerph17103637>
- Moreno, A.J.; López, J.; Pozo, S. & López, J.A. (2021). Usability and prospective of distance learning in Vocational Training determined by digital competence. *Open Classroom*, 50(1), 471-480. <https://doi.org/10.17811/rifie.50.1.2021.471-480>
- Moreno, C., Guzmán, F. & García, E. (2021). Digital and information literacy inside and outside Spanish primary education schools. *Learning Culture and Social Interaction*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2020.100455>
- Moreno, J.; Robles, G.; Román, M. & Rodríguez, J.D. (2019b) Not the same: a text network analysis on computational thinking definitions to study its relationship with computer programming. *RIITE. Interuniversity Journal of Research in Educational Technology*, 7, 26-35. <http://dx.doi.org/10.6018/riite.397151>
- Moreno-Guerrero, A.J.; Miaja Chippirraz, N.; Bueno-Pedrero, A.; Borrego-Otero, L. (2020a). The information and information literacy area of the digital teaching competence. *Rev. Electrón. Educ.*, 24, 1-16. <http://doi.org/10.15359/ree.24-3.25>
- Murillo, F. & D'Antonio, S. (2019). ICT, young people and social work: distances and opportunities. *Social Work Education*. 1-12. <https://doi.org/10.1080/02615479.2019.1691163>
- Nepeina, K.; Istomina, N. & Bykova, O. (2020). The Role of Field Training in STEM Education: Theoretical and Practical Limitations of Scalability. *Eur. J. Investig. Health Psychol. Educ.*, 10, 511-529. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10010037>
- OCDE. (2016). *El programa PISA de la OCDE: ¿Qué es y para qué sirve?* <https://www.oecd.org/pisa/39730818.pdf>
- OCDE. (2017). Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias. *Versión preliminar*, OECD Publishing. https://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/ebook%20-%20PISA-D%20Framework_preliminary%20version_spanish.pdf
- Ochoa, M. B.; Correa, J. M. & Gutiérrez, A. (2019). ICT in attention to educational diversity: the case of the Basque Autonomous Community. *Distance Education Magazine*, 61. <http://dx.doi.org/10.6018/red/61/07>
- Odell, B.; Cutumisu, M. & Gierl, M. A. (2020). Scoping review of the relationship between students' ICT and performance in mathematics and science in the PISA data. *Social Psychology of Education* 23, 1449-1481. <https://doi.org/10.1007/s11218-020-09591-x>

- OECD. (2019). "How does PISA define and measure reading literacy?", *PISA in Focus*, OECD Publishing, 101. <https://doi.org/10.1787/efc4d0fe-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. *Boletín oficial del Estado*, núm. 25, de 29 de enero de 2015. <https://www.boe.es/buscar/pdf/2015/BOE-A-2015-738-consolidado.pdf>
- Özcan, Z. Ç. & Doğan, H. (2018). A longitudinal study of early math skills, reading comprehension and mathematical problem solving. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 8(1), 01-18. <https://doi.org/10.14527/pegegog.2018.001>
- Özkan, B., & Noyan, F. (2021). The effects of information and communication technology engagement factors on science performance between Singapore and Turkey using multi-group structural equation modeling. *Journal of Baltic Science Education*, 20(4), 639-650. <https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.639>
- Ozkan, G. & Umdü, U. (2021). Exploring the effectiveness of STEAM design processes on high school students' creativity. *International Journal of Technology and Design Education*, 31, 95-116. <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09547-z>
- Pahmi, S; Juandi, D & Sugiarn, R (2022). The Effect of STEAM in Mathematics Learning on 21st Century Skills: A Systematic Literature Reviews. *PRISMA*, 11, 93-104. <https://doi.org/10.35194/jp.v11i1.2039>
- Panskyi, T.; Korzeniewska, E.; Serwach, M. & Grudzień, K. (2021). New realities for Polish primary school informatics education affected by COVID-19. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10778-8>
- Peña, B. Caballero, M. E. & Mateo, F. (2021). Technological innovation project application of the classroom of the future. Proceedings IV Congress of Education and Psychopedagogy. *Research and Documentation Center Autonomous University of Encarnación*, Uruguay 5 June 2021. https://www.academia.edu/55832732/Innovaci%C3%B3n_tecnol%C3%B3gica_aplicando_el_Aula_del_Futuro
- Pereira, E. & Marques, K. (2020). The Student Monitoring the Computer Room as a strategy for the pedagogical use of ICT in the Municipal Schools of Santa Maria. *Educacao*. 45. <https://doi.org/10.5902/1984644434486>
- Pholphirul P. (2017). Pre-primary education and long-term education performance: Evidence from Programme for International Student Assessment (PISA) Thailand. *Journal of Early Childhood Research*, 15(4), 410-432. <https://doi.org/10.1177/1476718X15616834>
- Pons, J. P. & Llorent, M. (2020). Teachers' and students' emotions in the interaction with technology in schools with codes of ICT best practices. *XXI Century Education*, 38(2), 155-170. <http://dx.doi.org/10.6018/educatio.432951>
- Prieto, C., Gutiérrez, O. & Vignoles, A. (2020). School segregation in public and semiprivate primary schools in Andalusia. *British Journal of Educational Studies*. 1-22. <https://doi.org/10.1080/00071005.2020.1795078>
- Ramos, M., Cáceres, M. P.; Soler, R. & Marín, J. A. (2020). El uso de las TIC para la animación a la lectura en contextos vulnerables: una revisión sistemática en la última década. *Texto Livre: Linguagem e Tecnologia, Belo Horizonte-MG*, 13(3), 240-261. <https://doi.org/10.35699/1983-3652.2020.25730>

- Real Decreto 157/2022 de 1 de marzo, el cual establece la organización y enseñanzas mínimas en Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, nº 52 de 2 de marzo de 2022, 24386-24504. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/03/01/157>
- Rodríguez, J. D.; Moreno, J.; Román, M. & Robles, G. (2020). LearningML: a tool to foster Computational Thinking skills through hands-on Artificial Intelligence projects. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20. <https://doi.org/10.6018/red.410121>
- Rodríguez, J.; Moreno, J.; Román, M. & Robles, G. (2021). Evaluation of an Online Intervention to Teach Artificial Intelligence with LearningML to 10-16-Year-Old Students. In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '21). *Association for Computing Machinery*, 177–183. <https://doi.org/10.1145/3408877.3432393>
- Roig, R. & Moreno, V. Computational thinking in Education. Bibliometric and thematic analysis. *Revista de Educación a Distancia (RED)* 2020, 20. <https://doi.org/10.6018/red.402621>
- Román, F.; Fores, A.; Calandri, I; Gautreaux, R.; Antúnez, A.; Ordehi, D.; Calle, L.; Poenitz, V.; Correa, K.L.; Torresi, S.; Barcelo, E.; Conejo, M.; Ponnet, V.; Allegri, R. (2020). Resilience of teachers in mandatory preventive social distancing during the COVID-19 pandemic. *Journal of Neuroeducation*, 1; 76-87. <https://doi.org/10.1344/joned.v1i1.31727>
- Romero, M.; López, M. & Pichardo, M. C. (2019). Neurophysiological Maturity and the Use of ICT in Teaching English. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 17(1), 27-54. <http://ojs.ual.es/ojs/index.php/EJREP/article/view/1904/2801>
- Ruíz, F., Zapatera, A. & Montes, N. (2020). Curriculum analysis and design, implementation, and validation of a STEAM project through educational robotics in primary education. *Computer Applications in Engineering Education*, 29, 160-174. <https://doi.org/10.1002/cae.22373>
- Ruíz, F., Zapatera, A. & Montes, N. (2020). Curriculum analysis and design, implementation, and validation of a STEAM project through educational robotics in primary education. *Computer Applications in Engineering Education*, 29, 160-174. <https://doi.org/10.1002/cae.22373>
- Salmerón, L. & Delgado, P. (2019). Análisis crítico de los efectos de las tecnologías digitales en la lectura y el aprendizaje. *Cultura y Educación*. 31(3), 465-480. <https://doi.org/10.1080/11356405.2019.1630958>
- Sánchez, E. (2019). STEAM education and the “maker” culture. *Journal of Parents and Teachers*, 379, 45-51. <https://doi.org/10.14422/pym.i379.y2019.008>
- Santillán, J.; Vaca, V.; Santos, R. & Jaramillo, E. (2020). Steam Methodology, as a Resource for Learning in Higher Education. *INTED2020 Proceedings*, 7298-7308. <https://doi.org/10.21125/inted.2020.1931>
- Segura, A. G.; Paniagua, F. J. & Fernández, M. (2020). Methodology to evaluate university communication on Facebook and Twitter. *Social Prism Magazine*, (28), 127-144. <https://revistaprismasocial.es/article/view/3357>
- Senkbeil, M. (2018). Development and validation of the ICT motivation scale for young adolescents. Results of the international school assessment study ICILS 2013 in Germany. *Learning and Individual Differences*, 67, 167-176. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.08.007>
- Senkbeil, M.; Ihme, J.M. & Schöber, C. (2019). How well are prospective and advanced students prepared for living and working in the digital world? Results of a standard setting procedure

- for the description of ICT-related competence levels. *Journal of education*, 22, 1359-1384. <https://doi.org/10.1007/s11618-019-00914-z>
- Serra, G., Lo Scalzo, L., Giuffrè, M., Ferrara, P., & Corsello, G. (2021). Smartphone use and addiction during the coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: cohort study on 184 Italian children and adolescents. *Italian journal of pediatrics*, 47(1), 150. <https://doi.org/10.1186/s13052-021-01102-8>
- Skvarc D.R.; Talbot M.; Harries, T.; Wilson C.J.; Joshua, N. & Byrne, L.K. (2021). Home Information and Communication Technology Use and Student Academic Performance: Encouraging Results for Uncertain Times. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.638319>
- Sola, T., Cáceres, M. P., Romero, J. M., & Ramos, M. (2020). Estudio Bibliométrico de los documentos indexados en Scopus sobre la Formación del Profesorado en TIC que se relacionan con la Calidad Educativa. *Revista Electrónica Interuniversitaria De Formación Del Profesorado*, 23(2), 19-35. <https://doi.org/10.6018/reifop.418611>
- Srijamdee, K. & Pholphirul, P. (2020). Does ICT familiarity always help promote educational outcomes? Empirical evidence from PISA-Thailand. *Education and Information Technologies*, 25, 2933–2970. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10089-z>
- Staribratov, I. & Manolova, N. (2022). Application of mathematical models in graphic design. *Mathematics and informatics*, 65, 72-81. <http://dx.doi.org/10.53656/math2022-1-5-app>
- Stuchlikova, L. (2016). "Challenges of education in the 21st century," 2016 *International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, 335-340. <https://doi.org/10.1109/ICETA.2016.7802072>
- Su, Y-S.; Shao, M. & Zhao, L. (2022). Effect of Mind Mapping on Creative Thinking of Children in Scratch Visual Programming Education. *Journal of Educational Computing Research*, 60, 906-929. <https://doi.org/10.1177/07356331211053383>
- Suarez, A., García, D., Martínez, P. & Torres, J. (2018). Contribución de la robótica educativa en la adquisición de conocimientos de matemáticas en la Educación Primaria. *Magister*, 30(1 y 2), 43-54. <https://doi.org/10.17811/msg.30.1.2018.43-54>
- Suarez, A.; García, D.; Martínez, P. & Torres, J. (2018). Contribution of educational robotics in the acquisition of mathematical knowledge in Primary Education/ Contribution of educational robotics in the acquisition of mathematical knowledge in primary education. *Magister*, 30, 43-54. <https://doi.org/10.17811/msg.30.1.2018.43-54>
- Suárez, M. O. (2011). *Coeficiente de correlación; Karl Pearson; estadística*. Repositorio digital Universidad Técnica del Norte. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/766>
- Subramaniam, V.; Karpudewan, M. & Roth, W.M. (2022). Unveiling the Teachers' Perceived Self-efficacy to Practice Integrated STREaM Teaching. *Asia-Pacific Edu Res*. <https://doi.org/10.1007/s40299-022-00655-4>
- Sucheta, K. (2022). Effectiveness of 'STREAM based Learning Approach' on Achievement in Science of Elementary School Students. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 7, 16-20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6551720>
- Taljaard, J. (2016). A review of multi-sensory technologies in a Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics (STEAM) classroom. *Journal Of Learning Design*, 9(2), 46-55. <http://dx.doi.org/10.5204/jld.v9i2.274>
- Tena, R. & Carrera, N. (2020). The Future Classroom Lab as a framework for the development of competency-based learning and project work. *Mexican Journal of Educational*

- Research*, 25, 449-468. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662020000200449&lng=es&tlng=es
- Tengler, K.; Kastner, O.; Sabitzer, B. & Lavicza, Z. (2022). The Effect of Robotics-Based Storytelling Activities on Primary School Students' Computational Thinking. *Education Sciences*, 12, 10. <https://doi.org/10.3390/educsci12010010>
- Tenhovirta, S.; Korhonen, T. Seitamaa-Hakkarainen, P. *et al* (2022). Cross-age peer tutoring in a technology-enhanced STEAM project at a lower secondary school. *Int. Journal TechnolDesEduc.*, 32, 1701–1723. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09674-6>
- Toma, R. B. & Greca, I. M. (2018). The effect of integrative STEM instruction on elementary students' attitudes toward science. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14, 1383-1395. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83676>
- Urgiles, B. E.; Tixi, Ka. G. & Allauca, M. E. (2022). STEAM methodology in academic environments. *Dominio de las Ciencias*, 8, 113-125. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v8i1.2482>
- Vargas, J.; Cuero, J. & Riveros, F. (2020). Digital transformation and STEAM approach, an alternative in times of COVID-19. *Journal Spaces*, 41, 326-334. <https://doi.org/10.48082/espacios-a20v41n42p28>
- Vázquez E., Gómez, J., Infante, A. & López, E. (2020). "Incidence of a Non-Sustainability Use of Technology on Students' Reading Performance in Pisa" *Sustainability*, 12(2), 749. <https://doi.org/10.3390/su12020749>
- Vazquez, V. & Huerta, E. L. (2021). Factors Related with Underperformance in Reading Proficiency, the Case of the Programme for International Student Assessment 2018. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(3), 813-828. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11030059>
- Veiga, F. J. M., & Andrade, A. M. V (2021). Critical Success Factors in Accepting Technology in the Classroom. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 16(18), pp. 4–22. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i18.23159>
- Vekiri, I. (2013). Information science instruction and changes in girls' and boy's expectancy and value beliefs: In search of gender-equitable pedagogical practices. *Computers & Education*, 64, 104–115. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.01.011>
- Vila, E; Rodríguez. A. & Martínez, E. (2020). Digital competence of galician preteens before the pandemic: what now? *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 19(2). <https://doi.org/10.17398/1695-288X.19.2.9>
- Wang, X. & Dostál, J. (2017). An analysis of the integration of ict in education from the perspective of teachers' Attitudes. *Edulearn 17, Proceedings*, 8156-8162. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.0507>
- Webb, D. & LoFaro, K. (2020). Sources of engineering teaching self-efficacy in a STEAM methods course for elementary preservice teachers. *School Science and Mathematics*, 120(4), 209-219. <https://doi.org/10.1111/ssm.12403>
- Wu, Y., Cheng, J. y Koszalka, TA (2021). Enfoque transdisciplinario en la escuela secundaria: un estudio de caso de prácticas de co-enseñanza en equipos STEAM. *Revista Internacional de Educación en Matemáticas, Ciencia y Tecnología (IJEMST)*, 9(1), 138-162. <https://doi.org/10.46328/ijemst.1017>



- Xue, H. (2022). A New Integrated Teaching Mode for Labor Education Course Based on STEAM Education. *Int. J. Emerg. Technol. Learn*, 17, 128-142. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i02.28461>
- Yunusova, G. (2022). Programming and robotics based in steam learning. *American Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 2, 58-87. <http://ajird.journalspark.org/index.php/ajird/article/view/18>
- Zapata, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *Revista de Educación a Distancia*, 46(4), 1-47. <https://doi.org/10.6018/red/46/4>
- Zaranis, N. (2014). Geometry Teaching Through ICT in Primary School. *Semantic Scholar*. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6501-0_5
- Zubiria, E.; Vallet, I.; Bel, I. & Benítez, J. (2019). Improvement of the learning process through the use of a mobile-learning methodology in higher education, *INTED. Proceedings*, 6911-6916. <https://doi.org/10.21125/inted.2019.1676>

Apéndice A

Cuestionario de la participación en las TIC. Áreas y variables

Interés que genera las TIC (INT)	
INT_1	Me olvido del tiempo cuando uso dispositivos digitales
INT_2	Internet es un gran recurso para obtener información que me interesa (por ejemplo, noticias, deportes, diccionario)
INT_3	Es muy útil tener redes sociales
INT_4	Estoy muy emocionado de descubrir nuevos dispositivos o aplicaciones digitales
INT_5	Realmente me siento mal si no es posible la conexión a Internet
INT_6	Me gusta usar dispositivos digitales
Competencia digital percibida a través de las TIC (COM)	
COM_1	Me siento cómodo usando dispositivos digitales con los que estoy menos familiarizado
COM_2	Si mis amigos y familiares quieren comprar nuevos dispositivos o aplicaciones digitales, puedo darles consejos
COM_3	Me siento cómodo usando mis dispositivos digitales en casa
COM_4	Cuando me encuentro con problemas con dispositivos digitales, creo que puedo resolverlos
COM_5	Si mis amigos y familiares tienen un problema con los dispositivos digitales, puedo ayudarle a ellos
Autonomía percibida a través de las TIC (AUT)	
AUT_1	Si necesito un nuevo software o programa, lo instalo yo mismo
AUT_2	Leo información sobre dispositivos digitales para ser independiente
AUT_3	Uso dispositivos electrónicos en casa cuando quiero
AUT_4	Si tengo un problema con los dispositivos digitales, empiezo a resolverlo por mi cuenta
AUT_5	Si necesito una nueva aplicación, la elijo yo mismo
Las TIC como tema de interacción social (SOC)	
SOC_1	Para aprender algo nuevo sobre los dispositivos digitales, me gusta hablar sobre ellos con mis amigos
SOC_2	Me gusta intercambiar soluciones a problemas con dispositivos digitales con otros en Internet
SOC_3	Me gusta reunirme con amigos y jugar con el ordenador y a los videojuegos con ellos
SOC_4	Me gusta compartir información sobre dispositivos digitales con mis amigos
SOC_5	Aprendo mucho sobre los medios digitales al hablar con mis amigos y familiares

Apéndice B

Cuestionario. Co-Medida: desarrollo de una evaluación para la colaboración de los estudiantes en actividades STEAM.

1.- Dimensión: Interacción entre pares (PEER_INT)
Supervisa tareas/proyecto con compañeros Negocia roles dentro del grupo Divide y trabaja para completar la tarea Comprueba la comprensión del proceso y/o el contenido Brinda retroalimentación, asistencia y/o redirección entre pares
2.- Dimensión: Comunicación Positiva (POST_COM)
Respeto las ideas de los demás. Usa lenguaje y comportamiento socialmente apropiado Escucha y respeta turnos
3.- Dimensión: Consultas y Opciones Múltiples (MUL_PATHS)
Desarrolla preguntas apropiadas para resolver el problema. Verifica la información y las fuentes para respaldar la investigación.
4.- Dimensión: Enfoque y Tareas (AA_TASK)
Comparte conexiones con el conocimiento relevante Negocia método o materiales relevantes para resolver el problema planteado Utiliza herramientas en colaboración para abordar la tarea
5.- Dimensión: Pensamiento Transdisciplinario (TRANS_THINK)
Discute cómo abordar una tarea, actividad o problema usando múltiples disciplinas Co-crea productos incorporando múltiples disciplinas