

El binomio STEM-CLIL: Estudio piloto sobre la transversalidad metodológica en la formación inicial de docentes para la educación bilingüe

The STEM-CLIL binomial: A Pilot study on methodological transversality in initial teacher training for bilingual education

<https://doi.org/10.58265/pulso.6556>

Olga Martín-Carrasquilla*
Magdalena Custodio-Espino**

Recibido: 09-01-2024
Aceptado: 12-04-2024

Resumen

La educación STEM/STEAM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics* y *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*, respectivamente) y el enfoque AICLE (Aprendizaje Integrado de Contenido y Lengua) comparten principios metodológicos para el desarrollo de las competencias transversales del siglo XXI. Este Proyecto de Innovación Educativa propone un modelo de enseñanza y aprendizaje en la educación superior desde una perspectiva de cooperación entre disciplinas y profesorado. El objetivo es mejorar las competencias para diseñar programaciones didácticas AICLE a través del aprendizaje de los principios metodológicos que implica la enseñanza/aprendizaje STEM/STEAM en la etapa de la Educación Primaria. Para ello se propone un estudio piloto pretest-posttest que analiza mediante la *t* de Student el impacto de tres modelos de formación, sobre la competencia para diseñar programaciones didácticas AICLE en una muestra de 64 estudiantes de Grado en Educación. Asimismo, se compara el impacto de estos tres modelos sobre dicha competencia en la muestra (ANOVA de un factor). De los resultados, se concluye que la formación transversal en los principios metodológicos STEM tiene un impacto positivo en la competencia para programar lecciones AICLE.

Palabras clave

Formación inicial del profesorado, STEM, AICLE, Programación, Enseñanza superior

Abstract

STEM/STEAM education (*Science, Technology, Engineering and Mathematics* and *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*, respectively) and the CLIL (Content and Language Integrated Learning) approach share methodological principles for the development of transversal competences in the 21st century. This Educational Innovation Project proposes a model of teaching and learning in higher education from a perspective of cooperation between disciplines and teachers. The general objective is for students to improve their skills to design CLIL lessons through transversal learning of the methodological principles involved in STEM/STEAM teaching/learning in the Primary Education stage. To this end, a pretest-posttest pilot study is proposed that analyzes the impact of three training models on the competence to design CLIL lessons in a sample of 64 students of the Bachelor's Degree in Education. Likewise, the impact of these three models on that competence is compared in the sample (one-way ANOVA). From the results, it is concluded that transversal training in STEM methodological principles has a positive impact on the competence to plan CLIL lessons.

Keywords

Initial teacher training, STEM, CLIL, Lesson planning, Higher education

* Universidad Pontificia Comillas
<https://orcid.org/0000-0002-0220-5742>
olmartin@comillas.edu

** Universidad Pontificia Comillas
<https://orcid.org/0000-0001-5314-1606>



1. Introducción

La realidad de los cambios sociales en las esferas económica, geopolítica y educativa, las exigencias formativas y las demandas asociadas a la digitalización nos enfrentan al reto de favorecer, en la formación inicial del profesorado, el desarrollo de competencias relacionadas con la planificación, evaluación, la mediación de los procesos de enseñanza-aprendizaje, la innovación, el trabajo en equipo y la interdisciplinariedad (UNESCO, 2021).

En este contexto, la introducción en la década de 1990 del enfoque pedagógico Aprendizaje Integrado de Contenido y Lenguaje (AICLE), que implica la enseñanza de contenido no lingüístico a través de una lengua extranjera, coincidió con la expansión de la educación científica, tecnológica, ingenieril y matemática conocida por las siglas STEM y STEAM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics* y *Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics*, respectivamente).

Tanto STEM como STEAM son considerados como catalizadores para la innovación didáctica y la colaboración transdisciplinaria (Ortiz-Revilla et al., 2021) y muestran un claro alineamiento con las necesidades educativas de la sociedad y con los modelos educativos basados en el desarrollo de competencias para el crecimiento integral del alumnado.

Los y las estudiantes que aprenden ciencias a través de una lengua extranjera deben comprender los conceptos científicos al tiempo que desarrollan su capacidad de participar activamente en el discurso del aula (Tang, 2020). Por tanto, la comunicación a través del lenguaje oral y escrito es esencial para la expresión del modelo mental de pensamiento que permite a los y las estudiantes construir y reconstruir conocimientos científicos. Además, la comunicación se considera un elemento transversal que determina en gran medida la calidad de la indagación en la educación STEM/STEAM.

En consecuencia, el discurso en el aula desempeña un papel crucial en la educación STEM y, específicamente, en la educación científica (Tang y Danielsson, 2018), ya que es clave en el andamiaje de las habilidades de pensamiento que favorecen el aprendizaje de las ciencias. Este hecho, unido a que el inglés es el idioma de la comunidad científica internacional, además de requisito indispensable para la movilidad profesional y los encuentros culturales (Kaire, 2017), justifica el fomento de la enseñanza-aprendizaje de las asignaturas científicas en inglés, como promueve el AICLE.

1.1. El aprendizaje de STEM/STEAM a través del AICLE

La educación STEM/STEAM ha adquirido un creciente nivel de relevancia porque la tecnología y la innovación se perciben como elementos clave para el progreso económico y social (Mpofu, 2020). En el ámbito educativo, esta apuesta sigue ocupando una posición central (Grimalt-Álvaro y Couso, 2022; Ortiz-Revilla et al., 2023) porque ofrece un enfoque pedagógico fundamentado en metodologías activas que no solo promueven la integración y transferencia de conocimientos, sino que fomentan el aprendizaje contextualizado y la interdisciplinariedad (Ortiz-Revilla et al., 2021).

La educación STEM ha sido objeto de diversas interpretaciones, aunque en todos los casos se plantea desde una perspectiva de integración (Bybee, 2013; Martín-Páez et al., 2019). En concreto, Castro-Rodríguez y Montoro (2021) y López et al., (2020) señalan como características fundamentales para llevar a cabo una educación STEM: la inclusión de una situación del mundo real, las conexiones entre las distintas áreas STEM y el desarrollo de las habilidades de resolución de problemas.

Por otro lado, la educación a través de AICLE exige la planificación de ciertos principios metodológicos (Custodio-Espinar, 2019) vinculados a los cuatro componentes definidos por Coyle et al. (2010): contenido, cognición, comunicación y cultura. En estos principios metodológicos y estos componentes encontramos una relación simbiótica entre ambos enfoques educativos: AICLE y STEM.

En primer lugar, la dimensión conceptual del contenido de AICLE encuentra su base en los contenidos de las asignaturas STEM. Este aprendizaje exige desarrollar objetivos lingüísticos compatibles con el contenido STEM para garantizar que el alumnado aprenda los conceptos clave, además de aprender la lengua. Para que esto sea posible, las actividades deben permitir evaluar contenidos, procesos y lengua de forma integrada (Otto, 2018).

En el AICLE, como en STEM, la lengua se utiliza para aprender y comunicarse al mismo tiempo. Por tanto, el alumnado necesita apoyo para desarrollar el lenguaje académico, idealmente a la vez que desarrollan los procesos cognitivos que les permiten aprender los contenidos (Dalton-Puffer, 2013).

Por otro lado, tanto el enfoque AICLE como la educación STEM reconocen la necesidad de que el alumnado sea capaz de resolver retos auténticos y socialmente relevantes, aplicando los aprendizajes construidos en diferentes contextos (Greca et al., 2021). Por tanto, la transferencia se identifica como uno de los propósitos de la enseñanza/aprendizaje de AICLE y de STEM (Ortiz-Revilla et al., 2021).

En la práctica, la educación STEM/STEAM es consistente con la naturaleza inclusiva de AICLE (Sanz et al., 2023) y ambas se asocian con modelos de aprendizaje constructivista que favorecen el desarrollo de las competencias transversales del siglo XXI, cruciales para promover una mentalidad innovadora en las generaciones actuales (OECD, 2019) y en línea con las competencias clave descritas en la ley educativa española (LOMLOE, 2020).

El modelo pedagógico SeLFiE (*STEAM educational approach and foreign language Learning*) ejemplifica la conexión entre AICLE y STEM. Desarrollado por Gatt et al. (2021), SeLFiE se presenta como un enfoque holístico e integrador que fusiona los elementos de AICLE y STEAM. Este modelo aboga por la sinergia entre las disciplinas STEAM y el aprendizaje de una lengua adicional en entornos educativos bilingües, específicamente en Educación Primaria. Su objetivo principal es facilitar la comprensión y resolución de problemas tanto en el aula como en el mundo real, promoviendo y mejorando el aprendizaje de las asignaturas, y, al mismo tiempo, fortaleciendo la competencia en el uso de una lengua adicional.

1.2. La enseñanza STEM/STEAM bajo un enfoque AICLE

El profesorado es considerado el principal elemento de mediación en la construcción de los aprendizajes y clave esencial en los procesos de transformación y mejora del sistema educativo (OECD, 2019). Actualmente, la formación inicial del profesorado se enfrenta al reto de favorecer el desarrollo de capacidades cognitivas, prácticas y emocionales para afrontar la incertidumbre, complejidad y singularidad que caracterizan cada vez más su práctica profesional (Song, 2019).

Desde el punto de vista de la formación inicial del profesorado STEM/STEAM, Song (2019) identifica tres dominios de competencias de los docentes STEM/STEAM, los cuales abarcan características cognitivas, habilidades de instrucción y habilidades afectivas. En esta misma línea, Frutos et al. (2020) evidencian que se requieren el desarrollo de conocimientos (de la materia, del contenido pedagógico, del uso de las tecnología y de la evaluación, entre otros), habilidades (planificación y programación de lecciones STEM; gestión y coordinación de la enseñanza; uso de materiales y tecnologías de enseñanza; gestión de estudiantes y grupos, entre otras) y disposiciones y actitudes como la conciencia epistemológica, la disposición para promover actitudes democráticas en los y las estudiantes y las actitudes de trabajo en equipo.

Las competencias de un docente AICLE están definidas en el *Marco Común Europeo para la Formación del Profesor AICLE* (Marsh et al., 2010). En particular, Pérez-Cañado (2018) destaca las siguientes: la *competencia pedagógica*, que permite al docente poner en la práctica los principios metodológicos del enfoque; la *competencia científica* re-

lacionada con el conocimiento del contenido; la *competencia organizativa* para integrar todos los elementos que componen el AICLE; las *competencias interpersonal y colaborativa* para generar una trama de relaciones socioafectivas y laborales y la *competencia para la reflexión y el desarrollo personal* que garantizan la actualización profesional. Todas ellas, junto con la *competencia lingüística*, permiten al docente AICLE desarrollar una enseñanza bilingüe de calidad.

En consecuencia, la enseñanza STEAM bajo un enfoque AICLE exige una formación inicial del profesorado capaz de fomentar el desarrollo transversal de todas estas competencias. Como afirman Greca et al. (2023): “La implementación efectiva de enfoques educativos integrados pasa obligatoriamente por su comprensión por los docentes” (p. 95). En este sentido, la programación didáctica se presenta como un catalizador capaz de vertebrar e integrar el conjunto de competencias y principios metodológicos presentes en los enfoques educativos STEAM y AICLE.

1.3. La programación didáctica STEM/AICLE

Las programaciones didácticas de las materias que forman parte de la Educación STEM incluyen los elementos fundamentales de cualquier organización didáctica, es decir, los objetivos, los contenidos, las experiencias de enseñanza-aprendizaje, los recursos didácticos y los criterios e instrumentos para la evaluación (Rodríguez Moreno et al., 2019).

La organización de situaciones de aprendizaje en las lecciones STEM permite gestionar la progresión de los conocimientos para que el alumnado desarrolle competencias del siglo XXI como la comunicación, la colaboración, el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Astuti et al., 2021; Van Laar et al., 2020). El diseño de lecciones STEM se convierte en un medio efectivo para expresar las competencias técnico-profesionales del profesorado, al tiempo que proporciona una vía para la investigación, mejora y comprensión más profunda de los resultados de los procesos de enseñanza-aprendizaje (Nuha et al., 2018). En definitiva, la programación de lecciones STEM mejora la calidad de las enseñanzas y de la competencia profesional docente (Nursyahidah y Mulyaningrum, 2022).

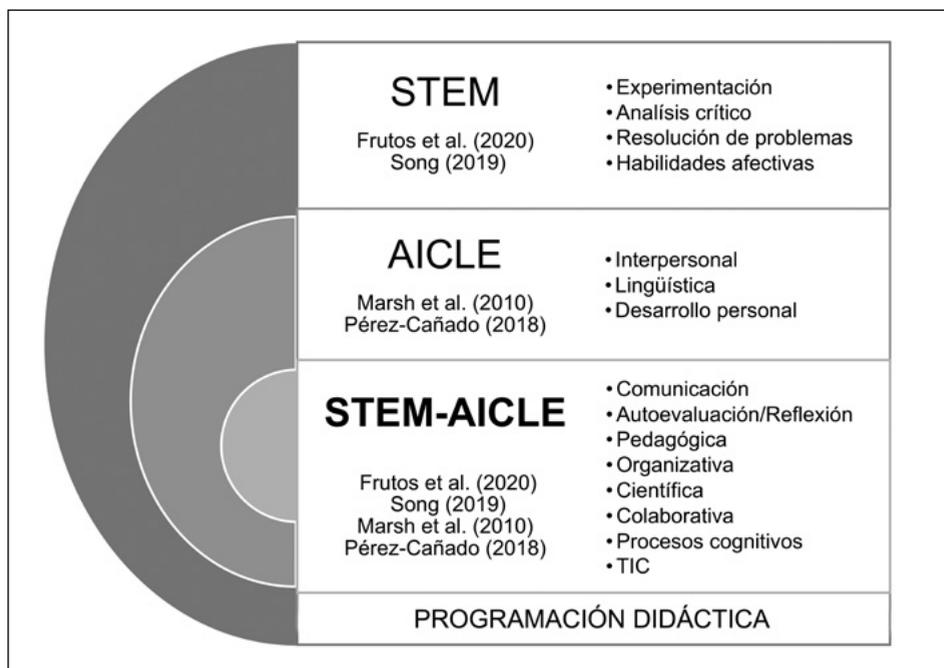
Con relación a la programación AICLE, autores como Palacios et al. (2023), Torres-Zúñiga y Carrasco-Flores (2020) y Estrada (2021) reclaman la necesidad de formar a los docentes AICLE en la competencia metodológica, para mejorar su capacidad de programar lecciones que promuevan el aprendizaje integrado de contenido y lenguaje. Según Bolarín-Martínez et al. (2019) el aula bilingüe exige al docente la capacidad de implementar metodologías activas, gestionar un aula cooperativa, promover comunicación lingüística y no lingüística, así como, la competencia para programar lecciones, coordinar, evaluar y conocer los fundamentos de la adquisición del lenguaje.

En conclusión, las áreas fundamentales de la programación STEM y la programación AICLE son el tratamiento del lenguaje académico, el contenido científico, las estrategias metodológicas centradas en el alumnado, la atención a la diversidad para el adecuado desarrollo del pensamiento crítico, los recursos para promover un aprendizaje basado en retos y la evaluación de contenidos, procesos y lenguaje tanto durante el aprendizaje, como a su término (Otto, 2018). Estas áreas se corresponden con las dimensiones y subdimensiones del Cuestionario de Integración de los Principios Metodológicos AICLE (CIPMA) (Custodio-Espinar y García-Ramos, 2020), instrumento que mide la competencia percibida para programar lecciones AICLE.

La Figura 1 resume las características de los perfiles competenciales del docente STEM y el docente AICLE que tienen su reflejo en las programaciones didácticas que elaboran.

Figura 1

Perfil competencial del docente STEM y AICLE y su reflejo en la programación didáctica



Fuente: Elaboración propia

Con el objetivo de fortalecer la competencia para programar lecciones AICLE en los futuros maestros y maestras, se presentan los resultados de un Proyecto de Innovación Educativa (PIE). El objetivo es proponer un modelo transversal de enseñanza (Starokozhko

et al., 2020) entre asignaturas de los Grados de Educación que comparten principios metodológicos similares que deben estar presentes en la programación didáctica de estas áreas. Para ello, se proponen el trabajo en equipo y la codocencia (Ricci y Fingon, 2018) como estrategias para compartir la organización y enseñanza de contenidos, la evaluación, los espacios y los tiempos en la programación didáctica tanto de STEM como de AICLE (Härkki et al., 2021).

2. Metodología

2.1. Contexto del estudio

El proyecto realizado en la Universidad Pontificia Comillas promueve la colaboración entre profesoras del Grado de Educación Primaria y Educación Infantil de las asignaturas de Didáctica de las Ciencias Experimentales (tercer curso) y Content and Language Integrated Learning (CLIL) (cuarto curso). El objetivo general del PIE es que los y las estudiantes mejoren sus competencias para diseñar programaciones didácticas AICLE a través del aprendizaje transversal de los principios metodológicos implicados en la enseñanza/aprendizaje STEM/STEAM en la etapa de Educación Primaria.

Para ello, se han estudiado tres modelos de enseñanza de los principios metodológicos compartidos por las programaciones STEM y CLIL. En el primero, el alumnado de tercero de Educación Infantil estudia la educación STEM con un enfoque transversal que promueve el aprendizaje de los principios metodológicos compartidos por STEM y AICLE. En el segundo modelo, el alumnado de cuarto de Educación Infantil estudia la asignatura de CLIL sin enfoque STEM. Por último, también en cuarto, el grupo de Educación Primaria estudia CLIL con enfoque STEM/STEAM.

2.2. Objetivos y variables de estudio

Este estudio exploratorio tiene un diseño comparativo pretest-posttest que pretende determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en la competencia para programar lecciones AICLE entre estudiantes que aprenden a programar lecciones STEM bajo un enfoque transversal de los principios metodológicos de su programación, los que aprenden a programar lecciones AICLE y los que aprenden a programar AICLE con un enfoque STEM. Para ello, se ha medido la competencia para programar AICLE en los tres grupos de estudiantes antes y después de cursar los respectivos modelos. Además, se han comparado las medias entre los tres grupos para determinar su potencial de mejora de la competencia en la programación de lecciones AICLE.

Los objetivos específicos de este estudio son:

- Analizar tres modelos para la formación inicial del profesorado bilingüe orientados a la mejora de la competencia para programar lecciones AICLE: STEM bajo un enfoque transversal, AICLE y AICLE con enfoque STEM/STEAM.
- Determinar la eficacia en el desarrollo de la competencia para programar lecciones AICLE de estos tres cursos de formación inicial de docentes y comprobar si alguno de ellos la mejora significativamente con respecto a los demás.
- Reflexionar sobre los planes de formación del profesorado bilingüe bajo la perspectiva de la transversalidad en la formación inicial del profesorado.

Las variables dependientes (VD) son cinco:

- Global: Puntuación total en el CIPMA.
- Específicas: Puntuación en cada una de las cuatro dimensiones del CIPMA: D1 Elementos fundamentales de AICLE, D2 Metodología, D3 Recursos y D4 Evaluación.

Las variables independientes principales del estudio son dos:

- Pretest-postest: medida anterior y posterior en los tres grupos en las cinco VD.
- Tipo (modelo) de instrucción: STEM bajo un enfoque transversal, AICLE y AICLE+STEM.

2.3. Hipótesis

Las hipótesis de estudio son las siguientes:

- H1: Estudiar STEM bajo un enfoque transversal mejora la competencia global y las cuatro dimensiones para programar lecciones AICLE (H1.1-H1.4).
- H2: Estudiar AICLE mejora la competencia global y las cuatro dimensiones para programar lecciones AICLE (H2.1-H2.4).
- H3: Estudiar AICLE+STEM mejora la competencia global y las cuatro dimensiones para programar lecciones AICLE (H3.1-H3.4).
- H4: Existen diferencias en la competencia global y las cuatro dimensiones para programar AICLE entre el estudiantado de STEM bajo un enfoque transversal, de AICLE y de AICLE+STEM.

2.4. Participantes

La muestra, no probabilística por conveniencia para un estudio de caso, está formada por 64 estudiantes de los grados de Educación Infantil y Primaria que han recibido formación STEM con enfoque transversal (N=18 tercer curso Educación Infantil), formación AICLE (N=11 cuarto curso Educación Infantil) y formación AICLE+STEM (N=35 cuarto curso Educación Primaria). Este tamaño de muestra tiene un margen de error del 11% a un nivel de confianza del 95% con respecto al total de estudiantes de los grados de

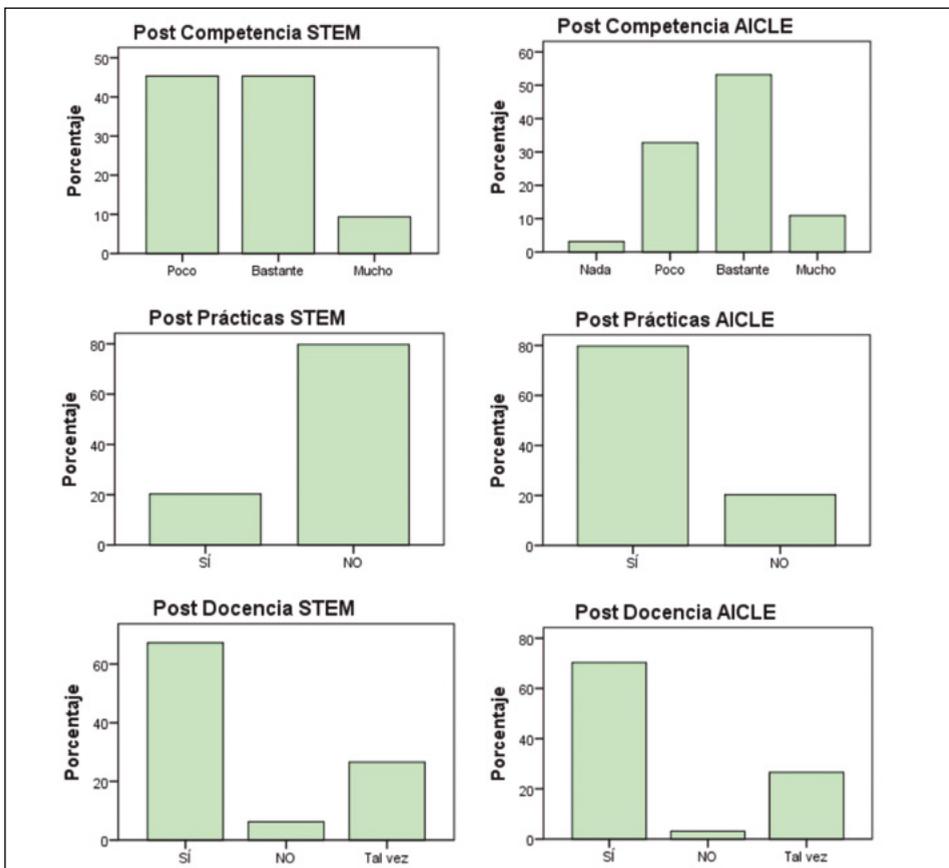
Educación de la Universidad Pontificia Comillas en el curso 2022-2023: 303 estudiantes en total, 120 del grado de Educación Infantil y 183 del de Educación Primaria.

En la muestra hay 8 hombres y 56 mujeres de entre 20 y 24 años de edad. Con respecto a su competencia en la lengua inglesa, el 2% tiene un nivel B1 según el Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas (MCERL), el 41% un B2, el 16% un C1 y el 5% un C2.

A continuación, para completar la descripción de la muestra, la Figura 2 ofrece una comparativa dual STEM y AICLE expresada en porcentaje de respuestas en los niveles de las variables independientes: nivel de competencia percibida, prácticas realizadas y deseo de ser docente de la muestra en el postest.

Figura 2

Comparativa STEM/AICLE sobre competencia percibida, tipo de prácticas y deseo de ser docente de la muestra



2.5. Instrumento

Para medir la competencia en programación AICLE del estudiantado se ha aplicado a la muestra el cuestionario CIPMA (Cuestionario de Integración de los Principios Metodológicos AICLE), validado en Custodio-Espinar y García-Ramos (2020). La escala consta de 23 ítems medidos con una escala Likert 1-6 (nunca-siempre) cuya puntuación máxima es de 138 puntos. Estos ítems están organizados en cuatro dimensiones: D1 Elementos fundamentales de AICLE (10 ítems-60 puntos); D2 Metodología (9 ítems-54 puntos); D3 Recursos (2 ítems-12 puntos); y D4 Evaluación (2 ítems-12 puntos).

La fiabilidad del CIPMA en la muestra se midió calculando el alpha de Cronbach en el total de la escala, los 23 ítems, y en cada una de sus cuatro dimensiones (Tabla 1).

Tabla 1

Fiabilidad de la escala en la muestra

Fiabilidad		Cronbach α	
		Pretest	Postest
Escala	CIPMA (23 ítems)	0.93	0.93
D1	Elementos fundamentales de AICLE (10 ítems)	0.91	0.88
D2	Metodología (9 ítems)	0.88	0.87
D3	Recursos (2 ítems)	0.51	0.30
D4	Evaluación (2 ítems)	0.46	0.51

En la escala global tanto el pretest como el postest tienen una fiabilidad excelente. Las dimensiones 1 y 2 entre excelente y muy buena. Por último, las dimensiones 3 y 4 tienen una fiabilidad cuestionable, pero se debe tener en cuenta que solo incluyen dos ítems cada una.

La Tabla 2 muestra las correlaciones tipo Pearson que indican la validez criterial del cuestionario en la muestra.

Tabla 2*Validez criterial del CIPMA en el pretest y el posttest*

Cuestionario/ Dimensiones	Corr. IC1 Pretest	Corr. IC2 Pretest	Corr. IC3 Pretest	Corr. IC1 Posttest	Corr. IC2 Posttest	Corr. IC3 Posttest
Escala	0.569**	0.357**	0.384**	0.619**	0.438**	0.518**
Dimensión 1	0.523**	0.339**	0.262*	0.503**	0.426**	0.482**
Dimensión 2	0.481**	0.325**	0.399**	0.627**	0.342**	0.434**
Dimensión 3	0.258*	0.118	0.382**	0.514**	0.376**	0.488**
Dimensión 4	0.487**	0.186	0.240	0.503**	0.430**	0.554**

Existe una correlación lineal estadísticamente significativa entre la puntuación total en el CIPMA y sus cuatro dimensiones y los 3 ítems criterio, con un valor de $p \leq 0.01$ en casi todas las correlaciones tanto del pretest como del posttest. Solo en el pretest la dimensión 3 correlaciona con el IC1 al 5% de significatividad y en la D3 y 4 la correlación con el IC2 no es significativa.

2.6. Procedimiento de recogida y análisis de datos

El PIE se llevó a cabo entre enero de 2023 y junio de 2023. Se inició con una sesión conjunta en la que las profesoras de CLIL y Didáctica de las Ciencias Experimentales explicaron el marco y los objetivos del proyecto. También se acordó el plan de trabajo y las fases de ejecución del PIE.

Para realizar los análisis descriptivos y diferenciales se empleó la aplicación IBM SPSS 26. Se usaron la t de student para muestras emparejadas para analizar el impacto de cada enfoque en la competencia para programar AICLE, es decir, para comparar las medidas pre- y post- de cada grupo. Por otro lado, se empleó el ANOVA de un factor para muestras independientes para conocer si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tres enfoques. Los niveles de significatividad se fijaron al 5%. Para todos los resultados estadísticamente significativos se calculó el Tamaño del Efecto (TE).

3. Resultados

3.1. Análisis descriptivos

El resumen de los análisis de los descriptivos para los tres grupos de estudiantes en el pre- y el postest se muestra a continuación (Tablas 3 y 4).

Tabla 3

Descriptivos de las VD según el tipo de instrucción antes de la misma

Grupo	STEM (N=18)		AICLE (N=11)		STEM-AICLE (N=35)		CIPMA
	Media	DT	Media	DT	Media	DT	
VD							Puntuación máxima
Escala	86.0	17.9	97.0	12.5	96.5	17.4	138
D1	37.2	7.8	42.7	6.7	41.4	10.4	60
D2	33.7	7.9	37.6	5.4	37.9	7.7	54
D3	8.3	2.5	8.8	1.0	9.3	1.9	12
D4	6.8	1.8	7.8	1.3	7.7	1.7	12

Tabla 4

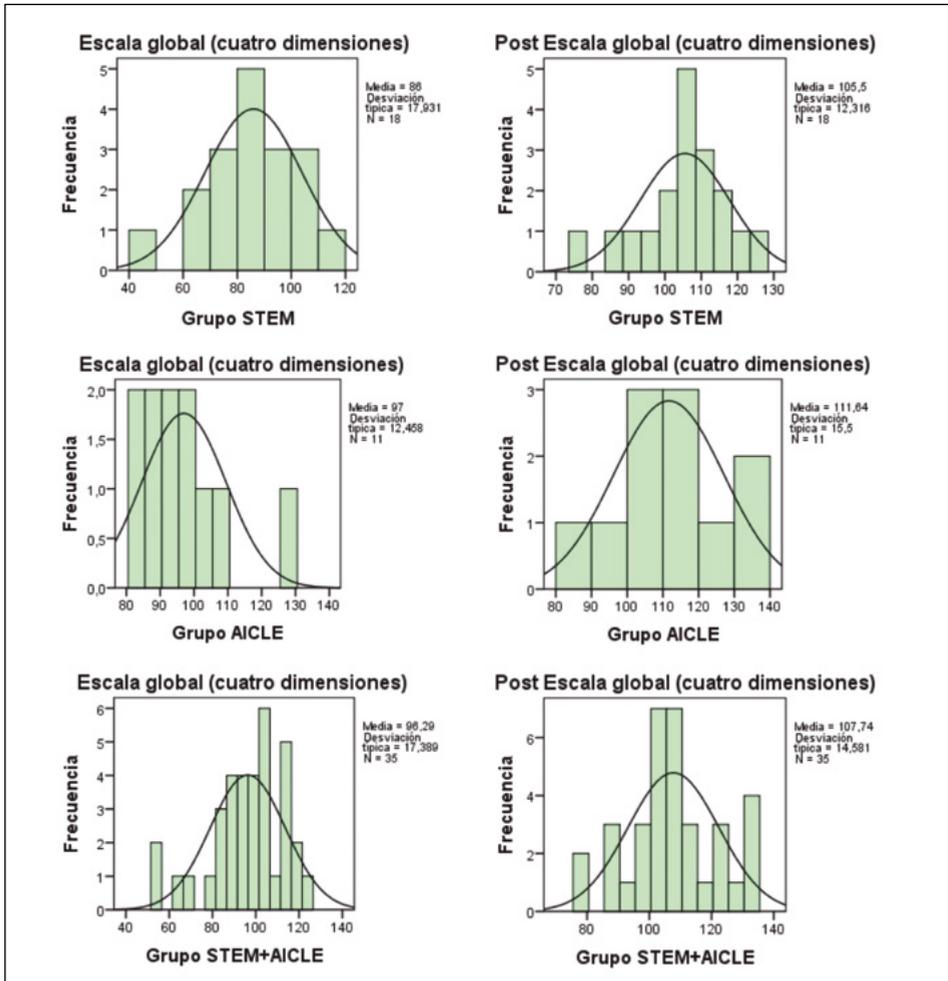
Descriptivos de las VD según el tipo de instrucción después de la misma

Grupo	STEM (N=18)		AICLE (N=11)		STEM-AICLE (N=35)		CIPMA
	Media	DT	Media	DT	Media	DT	
VD							Puntuación máxima
Post Escala	105.5	12.3	111.6	15.5	107.7	14.6	138
Post D1	45.2	7.1	47.2	7.2	46.6	6.6	60
Post D2	42.1	4.9	45.6	6.3	42.5	6.3	54
Post D3	9.6	1.6	9.6	1.4	10.0	1.4	12
Post D4	8.6	1.3	9.3	1.8	8.7	1.7	12

La Figura 3 muestra la distribución de la variable dependiente principal, la escala completa (23 ítems), en cada grupo de la muestra en ambos momentos del estudio, la gráfica de la izquierda el pretest y la de la derecha el postest.

Figura 3

Distribución de la VD principal según el tipo de instrucción antes y después de la misma



El grupo de AICLE parece tener una distribución no normal.

3.2. Estudio de las diferencias entre el pretest y el postest (muestras relacionadas)

Antes de realizar los análisis se comprobó que la distribución de contraste de la variable “diferencia post y pretest” en cada grupo es la normal. El resultado de estos análisis se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5*Prueba de normalidad (Shapiro Wilk)*

Grupo	Variable	N	W	p
STEM	Escala-Post Escala	18	0.941	0.297
AICLE	Escala-Post Escala	11	0.775	0.004
AICLE+STEM	Escala-Post Escala	35	0.958	0.197

La prueba paramétrica *t student* para muestras relacionadas se aplicó en los grupos STEM y STEM+AICLE puesto que el valor de *p* es mayor que 0.05. Para el grupo AICLE se calculó también la prueba no paramétrica de rangos de Wilcoxon y se comprobó que arroja resultados similares a la *t de student*. Las Tablas 6 y 7 muestran los resultados del contraste de las hipótesis 1, 2 y 3.

Tabla 6*Descriptivos de las VD según el tipo de instrucción después de la misma*

Grupo	Hipótesis nula (igualdad medias)	N	t	p	Diferencia Medias	EE* de la diferencia	TE**
STEM	H1 Escala	18	7.09	0.000	19.50	2.751	1.670
	H1.1 D1	18	5.42	0.000	7.944	1.465	1.278
	H1.2 D2	18	5.85	0.000	8.444	1.444	1.378
	H1.3 D3	18	2.85	0.011	1.278	0.449	0.671
	H1.4 D4	18	4.43	0.000	1.833	0.414	1.043
AICLE	H2 Escala	11	3.40	0.007	14.64	4.305	1.025
	H2.1.1 D1	11	1.91	0.086	4.455	2.337	---
	H2.2 D2	11	3.96	0.003	7.909	1.998	1.194
	H2.3 D3	11	2.17	0.055	0.818	0.337	---
	H2.4 D4	11	2.28	0.046	1.455	0.638	0.688
AICLE + STEM	H3 Escala	35	4.29	0.000	11.46	2.674	0.724
	H3.1 D1	35	3.78	0.001	5.143	1.359	0.640
	H3.2 D2	35	3.47	0.001	4.600	1.327	0.586
	H3.3 D3	35	1.77	0.086	0.657	0.371	---
	H3.4 D4	35	3.48	0.001	1.057	0.304	0.588

* Error Estándar

** Valores para interpretar la *d* de Cohen: $d \geq 0.20$ pequeño; $d \geq 0.50$ mediano; $d \geq 0.80$ grande

Tabla 7

Diferencias en el nivel de competencia para programar lecciones AICLE según la VI pretest-postest grupo AICLE (prueba no paramétrica)

Grupo	Hipótesis nula (igualdad medias)	N	W de Wilcoxon	p	Diferencia Medias	EE de la diferencia	TE*
AICLE	H2 Escala	11	0.00	0.004	11.00	4.305	1.000
	H2.1.1 D1	11	13.00	0.151	3.00	2.337	---
	H2.2 D2	11	1.00	0.008	8.00	1.998	0.964
	H2.3 D3	11	7.00	0.066	1.00	0.377	---
	H2.4 D4	11	2.00	0.050	2.03	0.638	0.860

* Valores para interpretar la d de Cohen: $d \geq 0.20$ pequeño; $d \geq 0.50$ mediano; $d \geq 0.80$ grande

3.3. Estudio de las diferencias entre los grupos (muestras independientes)

Las pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y de homogeneidad de varianzas (Levene) arrojaron valores de p muy superiores a 0.05. A continuación, se midió la significatividad de las diferencias en las puntuaciones del CIPMA según los tres modelos de formación: STEM, AICLE y AICLE+STEM (H4) antes y después de realizar los cursos (Tabla 8).

Tabla 8

Diferencias en el nivel de competencia para programar lecciones AICLE según la VI Tipo de instrucción antes y después de estudiar los cursos

H0 (igualdad de medias)	VI	Media STEM N=18	Media AICLE N=11	Media AICLE-STEM N=35	F	Sig.
VD Escala VI Instrucción	Pre	86.00	97.00	96.50	2.502	0.090
	Post	105.50	111.64	107.74	0.643	0.529
VD D1 VI Instrucción	Pre	37.20	42.70	41.40	1.651	0.200
	Post	45.17	47.18	46.57	0.364	0.696
VD D2 VI Instrucción	Pre	33.70	37.60	37.90	1.994	0.145
	Post	42.11	45.55	42.46	1.331	0.272
VD D3 VI Instrucción	Pre	8.30	8.80	9.30	1.515	0.228
	Post	9.61	9.64	9.97	0.467	0.629
VD D4 VI Instrucción	Pre	6.80	7.80	7.70	2.174	0.122
	Post	8.61	9.27	8.74	0.640	0.531

En todas las hipótesis contrastadas antes y después de realizar la formación, la H0 no se rechaza, por tanto, no hay diferencias estadísticamente significativas en la competencia para programar lecciones AICLE entre los tres modelos de formación.

4. Discusión

Respecto a las hipótesis H1, H2 y H3, los análisis realizados arrojan como resultado que cada uno de los tres enfoques mejoran significativamente la competencia para programar lecciones de AICLE. En todas las hipótesis del grupo STEM la H0 es rechazada y se encontraron diferencias estadísticamente significativas a favor del posttest. Por tanto, estudiar STEM mejora la competencia global para programar AICLE, así como sus cuatro dimensiones. Sin embargo, en el grupo AICLE, la H0 no es rechazada en las D1 y D3. Y en el grupo AICLE+STEM la H0 no es rechazada en la D3. Es decir, en estos dos grupos, el curso mejora la competencia global y algunas dimensiones, pero el grupo AICLE, no mejora los principios fundamentales del enfoque ni los recursos y en el grupo AICLE+STEM no mejora la dimensión de recursos.

Esto supone que el estudio de STEM con un enfoque transversal mejora la competencia para programar AICLE, de igual modo o más que lo hace el propio curso AICLE o el curso AICLE+STEM. Además, el grupo STEM presenta la diferencia de medias más alta entre el pre y el posttest, así como diferencias estadísticamente significativas en las cuatro dimensiones de la escala. De manera global, los resultados obtenidos en los tres grupos coinciden con las investigaciones de Marnitcyna y Kaisheva (2021), quienes destacan que los métodos de aprendizaje integrados de contenidos y lenguas son percibidos por los y las estudiantes como relevantes. Asimismo, resaltan que el diseño de lecciones STEAM motiva a los y las estudiantes a continuar mejorando sus conocimientos de inglés. Estos hallazgos también se alinean con los resultados de Tytarenko et al. (2021) sobre la viabilidad de enfoques integrados, la combinación de STEAM en la formación del profesorado AICLE y la necesidad de aportar a los docentes un soporte STEM teórico adecuado, en este caso reforzado con un enfoque transversal, para su adecuada implementación (Ortiz-Revilla et al. 2021). De manera similar, este resultado respalda las conclusiones de Greca et al. (2023), quienes desmienten “los argumentos sobre la supuesta incapacidad de los futuros maestros para formarse en enfoques integrados, mostrando que incluso experiencias cortas, pero coherentes y basadas en las mejores evidencias científicas disponibles, pueden ser eficaces” (p. 104). Por último, estos resultados refuerzan la necesidad y la viabilidad de la formación en enfoques integrados para los futuros profesores, como indican Ortiz-Revilla et al. (2023).

En la revisión de la literatura, ha quedado patente que la enseñanza STEM y el enfoque AICLE se articulan a través de la resolución de problemas del mundo real que favorece

el desarrollo de las dimensiones indagadoras, cooperativas, creativas, reflexivas y críticas de los ciudadanos y las ciudadanas (Greca et al., 2021). En este sentido, la formación en STEM emerge como una preparación fundamental para los futuros docentes, capacitándolos en la programación de lecciones AICLE al involucrarlos en aplicaciones del mundo real. Esta formación también potencia sus habilidades para abordar problemas complejos y desarrollar competencias críticas y analíticas, así como habilidades de colaboración, comunicación, resolución de problemas y autoaprendizaje, como señalan Castro-Rodríguez y Montoro (2021). En la actualidad ya se estudian, fomentan y financian intentos de casar estos dos enfoques, con proyectos europeos como *CLIL for STEAM* financiado por el Programa Erasmus+ de la Unión Europea.

Por todo ello, la planificación didáctica de estos contextos educativos, que implican una alta complejidad y demanda tanto lingüística como cognitiva, debe ser una prioridad en la formación inicial del profesorado (Custodio-Espinar, 2019; Estrada, 2021; Sias et al., 2016) con el propósito de alcanzar un perfil competencial más homogéneo del docente AICLE en servicio (Custodio-Espinar, 2020). Estudios como el de Sanz et al. (2023) confirman los beneficios de combinar STEM y CLIL en la formación inicial del profesorado, tanto desde el punto de vista del desarrollo de competencias pedagógicas para el diseño de programaciones didácticas STEAM+AICLE integradas, como desde el punto de vista de su confianza a la hora de enfrentar el reto de la enseñanza de las ciencias a través de una lengua extranjera.

En cuanto al resultado de la tercera hipótesis, estudiar AICLE+STEM mejora la competencia global y tres de las cuatro dimensiones para programar lecciones AICLE. Esto confirma que el curso CLIL mejora la competencia para programar AICLE, lo cual es esperable. Pero, además, es relevante resaltar que cuando se combina con STEM se potencia el uso de las destrezas del pensamiento de orden superior, se desarrollan competencias cognitivas en situaciones auténticas y simuladas y se produce un aumento del interés por STEM mientras se aprende haciendo a través de una lengua extranjera (Piacentini et al., 2019; Schietroma, 2019; Tagnin y Ríordáin, 2021). Esto se aprecia en la comparativa de la Figura 2, en la que se refleja que aunque muchos estudiantes no han realizado sus prácticas en un contexto STEM, la mayoría sí desea ser docente STEM en un futuro. AICLE se proclama así como un enfoque adecuado para promover una actitud positiva hacia STEM, adquirir conocimientos, fomentar la conciencia lingüística y promover el descubrimiento de otras formas de hacer y pensar (Marnitcyna y Kaisheva, 2021). Por todo ello, a pesar de las limitaciones de generalización de los resultados de este estudio exploratorio, la propuesta transversal que se presenta puede ser un punto de partida para la mejora de la formación inicial integral del profesorado AICLE en contextos de educación STEM. En palabras de Sanz et al. (2023, p. 12), “las implicaciones pedagógicas que se desprenden de la formación inicial del profesorado basada en la combinación de propuestas integradas

STEAM+AICLE se muestran como una alternativa metodológica poderosa en la formación inicial de maestros y maestras de AICLE de inglés”.

Con respecto a la H4, no se han obtenido diferencias estadísticamente significativas entre los tres enfoques ni antes ni después de realizar la formación. Sin embargo, se observa que los grupos STEM transversal y AICLE+STEM presentan medias similares tanto en la escala global, como en tres de sus dimensiones después de recibir la formación. En este sentido se puede destacar que los elementos medulares de la Educación STEM están totalmente en línea con el enfoque AICLE, como se ha visto en el marco teórico, y por tanto, contribuyen al desarrollo de la competencia para programar lecciones bajo este enfoque.

Esto también pone de manifiesto que la formación CLIL no es exclusiva del enfoque: “La formación del profesorado AICLE, si se toma en serio, constituye una parte fundamental de toda formación del profesorado, porque todo profesor debería ser formado, de hecho, como profesor AICLE” (Wolf, 2012, p. 107). Esta afirmación se refiere a las competencias que demanda AICLE al profesorado, que como ha quedado patente, son comunes a las de otros enfoques educativos, como el de la educación STEM/STEAM. Su combinación en la formación inicial del profesorado puede, como afirman Sanz et al. (2023), ayudar a superar la interpretación e implementación de ambos enfoques en la práctica.

Por último, este estudio exploratorio apunta a la eficacia de los planes de formación del profesorado bilingüe bajo la perspectiva de la transversalidad en la formación inicial del profesorado. Aunque dadas las limitaciones del estudio no se puede concluir que ésta tenga un impacto positivo en la formación inicial del profesorado AICLE, los resultados sugieren que la transversalidad como eje central de los planes de formación para la educación bilingüe tiene el mismo impacto en la competencia para programar lecciones AICLE que los habituales cursos o asignaturas específicamente versadas en el enfoque AICLE. Además, generalmente estas asignaturas tienen un escaso número de créditos, en el caso de que se incluyan en los planes de formación de los diferentes grados de educación de las universidades españolas, cuya oferta es muy heterogénea y, particularmente, notable entre la universidad pública y privada (López-Hernández, 2021). Por tanto, la transversalidad entendida como una propuesta formativa que integra los principios metodológicos implícitos en los enfoques educativos STEAM y AICLE, puede ser una solución a la falta de formación específica en AICLE en algunos grados de educación, como señalan Sanz et al. (2023).

5. Conclusiones

En nuestro planteamiento se reconoce la importancia de los proyectos transversales AICLE/STEM contruidos desde una perspectiva integradora que combina el desarrollo de las competencias en la programación AICLE y de las competencias en la programación de ciencia y tecnología de nuestro alumnado (Objetivo 1). Este estudio, a pesar de las importantes limitaciones de la muestra, permite comprender que la transversalidad, entendida como un instrumento para enriquecer la labor formativa que permite conectar los distintos saberes de una manera coherente y significativa (Jáuregui Mora, 2018), (1) puede desempeñar un papel fundamental en la formación inicial de los grados de educación (Objetivo 2); (2) y promueve un desarrollo integral de las competencias del docente AICLE bajo un enfoque STEM y viceversa (Objetivo 3).

Por ello, el PIE que se presenta en este trabajo pone de manifiesto la pertinencia de continuar con los programas de las asignaturas de ciencias y de AICLE bajo una dimensión transversal en nuestra universidad. Futuros estudios realizados con muestras mayores, aleatorizadas y que sean representativas, podrán validar estos resultados y sugerir la pertinencia de introducir esta transversalidad en otras universidades de educación para garantizar el desarrollo de todas las competencias de los futuros docentes de STEM y de enseñanza bilingüe en general, y de su competencia para programar lecciones STEM y AICLE, en particular.

Es necesario seguir analizando los programas CLIL en los que se enseñe/aprenda STEM/STEAM en inglés, formando a los docentes para programar lecciones que integren los principios metodológicos de ambos enfoques. Esto puede contribuir al enriquecimiento de la investigación tanto de STEM como de CLIL respectivamente, así como en su conjunto. Asimismo, es necesario reflexionar sobre la necesidad de adoptar un enfoque centrado en el lenguaje para la educación científica en general (Dalton-Puffer, 2013), y para la educación STEM a través de AICLE, en particular, guiado en esta última por una planificación didáctica competente. Finalmente, como prospectiva de esta propuesta se plantea la necesidad de medir no solo la competencia para programar lecciones AICLE del alumnado de los grados de educación, sino combinar los resultados de esta competencia con los índices de calidad y ajuste al enfoque STEM que alcanzan las propuestas didácticas que realizan nuestros alumnos con herramientas como RubeSTEM (Aguilera Morales et al., 2022).

Referencias

- Aguilera Morales, D., García Yeguas, A., Perales Palacios, F. J., & Vilchez-González, J. M. (2022). Diseño y validación de una rúbrica para la evaluación de propuestas didácticas STEM (RUBESTEM). *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 97(36.1), 11-34. <https://doi.org/10.47553/rifop.v97i36.1.92409>
- Astuti, N.H., Rusilowati, A., & Subali, B. (2021). STEM-Based Learning Analysis to Improve Students' Problem-Solving Abilities in Science Subject: a Literature Review. *Journal of Innovative Science Education (JISE)*. 10(1), 79-86. <https://doi.org/10.15294/jise.v9i2.38505>
- Bolarín-Martínez, M.J., Porto Currás, M. y Lova Mellado, M. (2019). Implementation of bilingual programs in primary education: teaching and evaluation strategies. *Elia: Estudios de Lingüística Inglesa Aplicada*, 1 Monográfico, 207-234. <https://doi.org/10.12795/elia.mon.2019.i19.09>
- Bybee, R. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. National Science Teachers Association.
- Castro-Rodríguez, E., & Montoro, A. (2021). Educación STEM y formación del profesorado de Primaria en España. *Revista de Educación*, 393, 253-378. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-393-497>
- Coyle, D., Hood, P., & Marsh, D. (2010). *CLIL – Content and language integrated learning*. Cambridge University Press.
- Custodio-Espinar, M. (2019). CLIL teacher education in Spain. In K. Tsuchiya & M.D. Pérez Murillo (Eds.), *Content and language integrated learning in Spanish and Japanese contexts* (pp. 313-337). Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27443-6_13
- Custodio-Espinar, M. (2020). Influencing Factors on In-Service Teachers' Competence in Planning CLIL. *Latin American Journal of Content & Language Integrated Learning*, 12(2), 207-241. <https://doi.org/10.5294/lacil.2019.12.2.2>
- Custodio-Espinar, M., y García Ramos, J. M. (2020). Medida de la competencia para programar AICLE y diagnóstico de las necesidades de formación docente. *Bordón. Revista De Pedagogía*, 72(1), 31–48. <https://doi.org/10.13042/Bordon.2019.72250>
- Dalton-Puffer, C. (2013). A construct of cognitive discourse functions for conceptualising content-language integration in CLIL and multilingual education[1]. *European Journal of Applied Linguistics*, 1(2), 216-253. <https://doi.org/10.1515/eujal-2013-0011>
- Estrada, J. L. (2021). Diagnóstico de necesidades formativas entre maestros AICLE en formación inicial. *European Journal of Child Development, Education and Psychopathology*, 9(1), 1-16. <https://doi.org/10.32457/ejpad.v9i1.1402>
- Frutos, M. B., Rojas, R. T., y Domínguez, S. A. (2020). Nuevas competencias del profesorado STEM: un modelo de formación en línea basado en procesos de indagación. In O. Y. A. Gómez & O. L. O. Ortiz (Eds.), *Innovación educativa y gestión del conocimiento*, 67–100. Ediciones USTA. <https://doi.org/10.15332/dt.inv.2020.00868>

- Gatt, S., Bonello, C., Camilleri, R., Greca, I. M., Alonso-Centeno, A., Martínez González, A., Nieto Miguel, I., Sanz de la Cal, E., Pearse Hughes, S., Ortega Martín, J. L., Corral Robles, S., Aguilera Morales, D., & Busto González, A. (2021). *The Science L2 toolkit: STEAM and second language learning in the real-life world*. SELFIE Consortium-STEAM Educational Approach and Foreign Language Learning in Europe.
- Greca, I. M., Ortiz-Revilla J. y Arriasecq I. (2021). Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1) 1802. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1802
- Greca, I. M., Ortiz-Revilla, J., Alonso-Centeno, A. y Sanz de la Cal, E. (2023). La codocencia para la formación docente en educación integrada: una experiencia con STEAM y AICLE. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 7(2), 95-109. <https://doi.org/10.17979/arec.2023.7.2.9615>
- Grimalt-Álvaro, C. y Couso, D. (2022). ¿Qué sabemos del posicionamiento STEM del alumnado? Una revisión sistemática de la literatura. *Revista de Investigación Educativa*, 40(2), 531-547. <https://doi.org/10.6018/rie.467901>
- Härkki, T., Vartiainen, H., Seitamaa-Hakkarainen, P., & Hakkarainen, K. (2021). Co-teaching in non-linear projects: A contextualised model of co-teaching to support educational change, *Teaching and Teacher Education*, 97, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103188>
- Jáuregui Mora S. Z. La transversalidad curricular: algunas consideraciones teóricas para su implementación (2018). *Bol.Redipe [Internet]*, 7(11), 65-81. <https://bit.ly/3SldpP7>
- Kaire, S. (2017). We are on the same boat, but still I am from another culture: The lived experiences of learning in groups. *Encyclopaideia*, 21(47), 29-48. <https://doi.org/10.6092/issn.1825-8670/6946>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, 340, de 30 de diciembre de 2020, 122868-122953. Recuperado de <https://bit.ly/46iano7>
- López-Hernández, A. (2021). Initial teacher education of primary English and CLIL teachers: An analysis of the training curricula in the universities of the Madrid autonomous community (Spain). *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(3), 132–150. <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.3.9>
- López Simó, V., Couso Lagarón, D., & Simarro Rodríguez, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(62). <https://doi.org/10.6018/red.410011>
- Marnitcyna, E. S., & Kaisheva, K. V. (2021). Raising the quality of designers' professional training through STEAM and CLIL. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 125, p. 05012). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202112505012>
- Marsh, D., Mehisto, P., Wolff, d., & FriGols, M. J. (2010). *European Framework for CLIL Teacher Education: A framework for the professional development of CLIL teachers*. European Centre for Modern Languages.

- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. & Vilchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Mpofu, V. (2020). A Theoretical Framework for Implementing STEM Education. In K. G. Fomunyam (Eds.), *Theorizing STEM Education in the 21st Century* (pp. 1-15). IntechOpen.
- Nuha, M. A., Waluya, S. B., & Junaedi, I. (2018). Mathematical Creative Process Wallas Model in Students Problem Posing with Lesson Study Approach. *International Journal of Instruction*, 11(2), 527-538.
- Nursyahidah, F., & Mulyaningrum, E.R. (2022). The Impacts of STEM on Mathematics and Science through Lesson Study: A Systematic Literature Review. *Kalamatika: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(2), 125-142. <https://doi.org/10.22236/KALAMATIKA.vol7no2.2022pp127-142>
- OECD (2019). *OECD Future of Education and Skills 2030: OECD Learning Compass 2020*. Recuperado de 2023 de <https://bit.ly/47pZMzC>
- Ortiz-Revilla, J., Ruiz-Martín, Á., & Greca, I.M. (2023). Conceptions and Attitudes of Pre-School and Primary School Teachers towards STEAM Education in Spain. *Education Sciences*, 13, 377. <https://doi.org/10.3390/educsci13040377>
- Ortiz-Revilla, J., Sanz-Camarero, R. y Greca, I. M. (2021). Una mirada crítica a los modelos teóricos sobre educación STEAM integrada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 87(2), 13-33. <https://doi.org/10.35362/rie8724634>
- Otto, A. (2018). Assessing Language in Content and Language Integrated Learning. *Latin American Journal of Content & Language Integrated Learning*, 11(2), 308-325. <https://doi.org/10.5294/laclil.2018.11.2.6>
- Palacios, F., Parra, M., & Abril, C. (2023). Formación inicial del docente AICLE en España: retos y claves. *EstFA*, 10, 141-161. <https://doi.org/10.21071/estfa.v10i.15860>
- Pérez-Cañado (2018). Innovations and Challenges in CLIL Teacher Training. *Theory Into Practice*, 57(3), 1-10. <https://doi.org/10.1080/00405841.2018.1492238>
- Piacentini, V., Simões, A. R., & Vieira, R. M. (2019). Teachers' view of language(s) in (CLIL) science education: a case study in Portugal. *Problems of Education in the 21st Century*, 77(5), 636-649. <https://doi.org/10.33225/pec/19.77.636>
- Ricci, L. A., & Fingon, J. (2018). Experiences and perceptions of university students and general and special educator teacher preparation faculty engaged in collaboration and co-teaching practices. *Networks: An Online Journal for Teacher Research*, 20(2). [https://doi.org/10.4148/2470-6353.1260Rodríguez Moreno, J., Molina Jaén, M. D., & Martínez Labella, M. J. \(2019\). Análisis de la importancia de la programación didáctica en la gestión docente del aula y del proceso educativo. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado. Continuación De La Antigua Revista De Escuelas Normales*, 33\(1\). <https://doi.org/10.47553/rifop.v33i1.72071>](https://doi.org/10.4148/2470-6353.1260Rodríguez%20Moreno,%20J.,%20Molina%20Jaén,%20M.%20D.,%20&%20Martínez%20Labella,%20M.%20J.%20(2019).%20Análisis%20de%20la%20importancia%20de%20la%20programación%20didáctica%20en%20la%20gestión%20docente%20del%20aula%20y%20del%20proceso%20educativo.%20Revista%20Interuniversitaria%20De%20Formación%20Del%20Profesorado.%20Continuación%20De%20La%20Antigua%20Revista%20De%20Escuelas%20Normales,%2033(1).%20https://doi.org/10.47553/rifop.v33i1.72071)
- Sanz de la Cal, E., Ortiz-Revilla, J., Alonso-Centeno, A., & Greca, I. M. (2023). Codocencia para la formación inicial de docentes de inglés en educación STEAM+AICLE integrada. *Porta Linguarum Revista Interuniversitaria De Didáctica De Las Lenguas Extranjeras*, (2023c), 195-212. <https://doi.org/10.30827/portalin.vi2023c.29644>

- Schietroma E. (2019). Innovative STEM lessons, CLIL and ICT in multicultural classes. *Journal of e-Learning and Knowledge Society* 15(1), 183-193. <https://doi.org/10.20368/1971-8829/1587>
- Sias, C., Nadelson, L., Juth, S., & Seifert, A. (2016). the best laid plans: educational innovation in elementary teacher generated integrated stem lesson plans. *The Journal of Educational research*, 110(3), 227-238. <https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1253539>
- Song, M. (2019). Integrated stem teaching competencies and performances as perceived by secondary teachers in South Korea. *International Journal of Comparative Education and Development*, 22(2), 131-146. <https://doi.org/10.1108/ijced-02-2019-0016>
- Starokozhko, O. N., Kryzhko, V. V., & Zhygyr, V. I. (2020). The transversal character of polyparadigm educational space. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (3), 191-197. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-3/191>
- Tagnin, L. & Riordáin, M. N. (2021). Building science through questions in content and language integrated learning (CLIL) classrooms. *International Journal of STEM Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00293-0>
- Tang, K.-S. (2020). *Discourse strategies for science teaching and learning: Research and practice*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429352171>.
- Tang, K.-S., & Danielsson, K. (2018). *Global developments in literacy research for science education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-69197-8>
- Torres Zúñiga, L., & Carrasco Flores, J. A. (2020). La enseñanza del inglés en educación infantil en España: Implicaciones para la formación del profesorado. *Docencia e Investigación: revista de la Escuela Universitaria de Magisterio de Toledo*, 45(31), 5-23. Recuperado de <https://bit.ly/40CZE6g>
- Tytarenko, A., Revenko, V. V., Matsepura, L. L., & Panasiuk, Y. V. (2021). STEAM approach to the development of English language skills in future teachers. *Journal for Educators, Teachers and Trainers*, 12(3). <https://doi.org/10.47750/jett.2021.12.03.015>
- UNESCO (2021). *Reimagining our futures together: a new social contract for education*. UNESCO. Recuperado de <https://bit.ly/3uhey6a>
- Van Laar, E., van Deursen, A.J.A.M., van Dijk, J.A.G.M., & de Haan, J. (2020). Determinants of 21st-Century Skills and 21st-Century Digital Skills for Workers: A Systematic Literature Review. *SAGE Open*, 10(1). <https://doi.org/10.1177/2158244019900176>
- Wolff, D. (2012). The European framework for CLIL teacher education. *Synergies Italie*, (8), 105-116.

Como citar (APA):

Martín-Carrasquilla, O. y Custodio-Espinar, M. (2024). El binomio STEM-CLIL: Estudio piloto sobre la transversalidad metodológica en la formación inicial de docentes para la educación bilingüe. *Pulso. Revista de Educación*, 47, 73-95. <https://doi.org/10.58265/pulso.6556>