



STEM, programación e indagación en futuros maestros/as. Evaluación del proyecto iSTEMduino

STEM, Programming and Inquiry in Pre-Service Teachers. Evaluation of the iSTEMduino Project

Julio Ballesta-Claver, Raúl Roura Redondo, Carlos Jerez del Valle, M.^a Fernanda Ayllón Blanco
Departamento de Didáctica de las Ciencias. Centro de Magisterio La Inmaculada (CMLI). Universidad de Granada. Granada (España)
juliosci@cmlí.es, raulroura@cmlí.es, carlosjerez@cmlí.es, mayllonblanco@cmlí.es

RESUMEN • El enfoque STEM presenta dificultades de aplicación en las aulas de educación primaria por su carácter interdisciplinar y por la escasa preparación del profesorado, especialmente en las áreas de ingeniería y tecnología. Por ello, se propone el proyecto universitario iSTEMduino. A partir de un diseño cuasiexperimental pretest-postest, se preparó un instrumento ($\alpha_{\text{Cronbach}} = 0,68$; KMO: 0,71) para comprobar su efectividad en futuros maestros/as. Ello dio como resultado un aumento del interés e identidad STEM, en especial en las habilidades de programación y el uso de sensores (Arduino), gracias a una metodología de indagación basada en el diseño. Se fomentó la implicación de las mujeres, no ofreciendo ningún impedimento los estudios previos. Se optó más por un equilibrio tanto de la experimentación como de la modelización, lo que generó una propuesta efectiva y viable.

PALABRAS CLAVE: STEM; Aprendizaje por indagación; Modelización; Arduino; Entornos de programación.

ABSTRACT • The STEM approach is difficult to apply in Primary Education due to its interdisciplinary nature and the lack of teacher training, especially in engineering and technology. Therefore, iSTEMduino, a university project, is proposed. Based on a quasi-experimental pretest-posttest design, an instrument was prepared ($\alpha_{\text{Cronbach}} = 0.68$; KMO: 0.71) to evaluate its effectiveness in pre-service teachers. As a result, an increased interest in and identity with STEM, particularly in programming skills and the use of sensors (Arduino), was achieved through a design-based inquiry methodology. Women's involvement was encouraged, unhindered by previous studies, a balance between experimentation and modelling was chosen, resulting in an effective and feasible proposal.

KEYWORDS: STEM; Inquiry-based learning; Modelling; Arduino; Programming environments.

Recepción: agosto 2023 • Aceptación: octubre 2024 • Publicación: marzo 2025

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el profesorado de educación primaria tiene dificultades para enseñar aspectos tecnológicos, de programación y de ingeniería debido a su falta de formación durante sus estudios universitarios (Ahmed et al., 2023; Tsai et al., 2022). Por otro lado, las matemáticas y las ciencias experimentales siguen siendo unas áreas arduas y desmotivadoras para una gran mayoría de futuros maestros/as, debido a las experiencias negativas obtenidas en las etapas anteriores, actitud que se acentúa cada año (Castro-Rodríguez y Montoro, 2021).

De ahí la razón de ofrecer alternativas que subsanen estos dos inconvenientes, siendo el enfoque STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*) una muy buena opción (García-Carmona, 2020). STEM es un estilo de enseñanza que procura ofrecer aprendizajes en contextos reales, motivantes y aplicables. Surgió hace treinta años en Estados Unidos para contribuir al desarrollo económico, científico y tecnológico de un país (Botero Espinosa, 2018). Este enfoque tiene la peculiaridad de desarrollar el conocimiento, la comprensión, el pensamiento crítico y el papel activo del estudiante en las áreas que lo integra, fomentando las vocaciones científicas (Noris et al., 2023). Además, STEM pretende romper con los estereotipos socioculturales generalizados, potenciando la igualdad de oportunidades para ambos géneros, promoviendo modelos y roles para que las chicas se animen a elegir carreras científico-técnicas (Martín Carrasquilla et al., 2022; Rossi Cordero y Barajas Frutos, 2015). En España, este enfoque ya es una realidad a partir del Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, de Educación Primaria, en el que se incorpora la *competencia matemática y competencia en ciencia, tecnología e ingeniería (STEM)*. Por tanto, son necesarias propuestas universitarias que den respuesta a este enfoque.

STEM aporta beneficios en tres aspectos: cognitivo, procedimental y actitudinal, lo que facilita la transferencia de conocimientos a otros contextos y aumenta el rendimiento escolar. Además, permite potenciar la creatividad y el desarrollo de la tecnología (Martín Páez et al., 2019). STEM incorpora los elementos educativos necesarios para «aprender haciendo» (Domènech-Casal et al., 2019; Margot y Kettler, 2019) a través de procedimientos constructivistas del aprendizaje, siendo los más empleados los *aprendizajes basados en proyectos* o *en la indagación*, habiendo de este último dos enfoques complementarios, que serán los que se tratarán en este trabajo (Castro-Rodríguez y Montoro, 2021; Couso et al., 2022):

1. La *Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI)*, cuyas siglas en inglés son *Inquiry-Based Science Education (IBSE)*, se caracteriza por potenciar más la conceptualización de los contenidos y las destrezas experimentales (Albertos Gómez, 2022; Strat et al., 2023). Mosquera Bargiela et al. (2018) explican que todo debe comenzar con una observación en la que, a través de preguntas, se emiten hipótesis que se contrastarán mediante la experimentación de forma sencilla, lo que genera varios ciclos de indagación hasta su resolución. Esta metodología IBSE emplea actividades manipulativas, que se denominan *hands-on activities*, a modo de un aprendizaje basado en problemas, pero de forma experimental (Juškevičienė et al., 2021).
2. La *indagación basada en modelos (IBM)*, o su término anglosajón *Model-Based Inquiry (MBI)* (Martínez-Chico et al., 2014), se basa en interpretar, construir o modelizar representaciones simples de la realidad capaces de describir y predecir fenómenos científicos (Martínez Chico et al., 2015; Schwarz et al., 2009; Windschitl et al., 2008), modelos que presentan la característica de ser multidimensionales y significativos (maquetas a escala, esquemas visuales, simulaciones, expresiones matemáticas, etc), a partir del ciclo de crear, probar y revisar modelos (Jiménez-Liso et al., 2020, 2022; Louca y Zacharia, 2023; Schwarz et al., 2022), configurando las *minds-on activities* (Cooper et al., 2022; Passmore et al., 2009).

En la actualidad, Jiménez-Liso et al. (2022) apuestan por un método de indagación que integre las bondades de ambos enfoques mediante una actuación secuencial de ciclos de indagación experimental con ciclos posteriores de modelización.

Sin embargo, lo más importante de la educación STEM es la interdisciplinariedad. Esta puede ocurrir integrando las distintas áreas que la componen en varios niveles (dos, tres o el total de áreas), pudiendo una de ellas focalizar el motor del aprendizaje (Couso et al., 2022; De Pro Bueno y Nortes Martínez-Artero, 2016). Es importante destacar que en la mayoría de los trabajos denominados STEM existe una falta de detalle en la integración de contenidos con las disciplinas, lo que está generando controversias (Martín Páez et al., 2019). Esta integración debe basarse en las similitudes entre áreas. De ellas, la ingeniería sigue siendo la gran ausente y, además, la más provechosa, debido a que puede conectar perfectamente con todas ellas, y facilitar la creación de modelos prácticos por medio del ensayo-error, empleando para ello la tecnología de la programación y la robótica (So et al., 2018), a través de (Martín Páez et al., 2019): 1) *Scratch*, un lenguaje de programación visual por bloques, interactivo y asequible, de libre acceso, que permite crear juegos, historias interactivas, animaciones, música o arte (Dúo-Terrón, 2023; Holo et al., 2022), que puede servir como entorno de programación de 2) *Arduino*, una placa microcontroladora *low cost*, de código abierto (Wiring) o de simulación por bloques (plataforma Tinkercad) (García-Tudela y Marín-Marín, 2023), con la posibilidad de crear dispositivos de movimiento (motores) o de recogida de información del exterior (sensores) (Moya, 2019; Papadimitropoulos et al., 2021; Pino et al., 2019; Qutieshat et al., 2019). Esta configuración constituye una herramienta muy valiosa para implementar el trabajo experimental en la enseñanza de las ciencias experimentales y las matemáticas mediante productos de ingeniería con base tecnológica (Koyunlu Ünlü y Dökme, 2022; Papadimitropoulos et al., 2021).

En consecuencia, este trabajo adoptará la premisa anterior formulada para formar a los futuros maestros/as en la ingeniería y la tecnología a través de la creación de un pH metro casero, utilizando conceptos de química, así como configurar una estación meteorológica (conceptos de física) o una simulación de posibles situaciones probabilísticas (matemáticas) mediante la programación, donde los contenidos matemáticos y científicos cobrarán vida a través del diseño (ingeniería), hasta llegar a conformar un STEM útil a raíz de las indicaciones de Toma y García-Carmona (2021): una integración de áreas real (curricular y didáctica), así como de una resolución significativa de problemas, de manera que el futuro profesorado se conciencie y adquiera habilidades STEM para su ejercicio profesional posterior.

MATERIALES Y MÉTODOS

Hipótesis

La hipótesis consiste en que una intervención STEM basada en el diseño y la tecnología, empleando problemas reales, fomentará la motivación, la igualdad, las habilidades de programación y el aprendizaje de conceptos científico-matemáticos gracias a la indagación.

A raíz de ello, el proyecto se denominará iSTEMduino, siendo diferente al iSTEM que aparece en la bibliografía respecto al término *i*, que se asocia con la integración o la imaginación (Couso et al., 2022; Toma y García-Carmona, 2021). La denominación iSTEMduino significará: 1) «i» de indagación y fomento de la igualdad de género; 2) «STEM», el enfoque principal en el que se basa; y 3) «duino», utilización de Arduino y su entorno de programación (Wiring/Scratch/Tinkercad).

Objetivos

Este trabajo pretende alcanzar una serie de objetivos, los cuales son: 1) evaluar el efecto de la intervención iSTEMduino a través de un cuestionario; 2) fomentar la *identidad* STEM (Grimalt-Álvaro y Couso, 2022; Perales Palacios y Aguilera, 2020), que consiste en la repercusión social, interés y grado de aceptación del enfoque STEM para el posterior ejercicio profesional; 3) impulsar las habilidades tecnológicas y de programación; y 4) promover la aplicabilidad de las áreas STEM a partir de la tecnología y la programación mediante metodologías basadas en la indagación.

Participantes

El estudio fue llevado a cabo con 129 futuros maestros/as del grado de Educación Primaria del centro de magisterio La Inmaculada (CMLI) de la Universidad de Granada, de edades comprendidas entre 18-33 años, de media 20,1 y desviación estándar de 2,6 ($20,1 \pm 2,6$). El 45,7 % fueron hombres y el 54,3 % mujeres. Los estudiantes provenían de: 1) ciencias experimentales (31,0 %) y 2) ciencias sociales (69,0 %), de los cuales, un 61,2 % cursaron humanidades, un 3,1 % artes, un 3,9 % formación profesional y un 0,8 % otros estudios.

Instrumento: validación y fiabilidad

Se confeccionó un instrumento o cuestionario consistente en diez ítems graduados con una escala Likert en cinco niveles, para averiguar las motivaciones, las inquietudes y el conocimiento sobre el enfoque STEM, las habilidades tecnológicas y de programación, la aplicabilidad de los contenidos matemáticos y científicos y las opiniones sobre el género y las metodologías utilizadas (véase tabla 1).

Los programas que se emplearon para todo el tratamiento estadístico fueron tanto el programa SPSS (v. 25) como el *software* libre R (v.4.4.1), bajo programación con RStudio (2024.04.2, versión 764).

La validez del contenido del cuestionario se realizó mediante un juicio de cuatro expertos pertenecientes a diferentes campos (ciencias experimentales, matemáticas y pedagogía) (Martínez Ques et al., 2022), en el que se sugirieron cambios relacionados con la redacción, así como la eliminación de tres ítems, obteniéndose una valoración óptima global (W de Kendall) de 0,755, $p < 0,001$ (p es el valor de la probabilidad expresado sin porcentaje).

Tabla 1.
Instrumento diseñado para este proyecto (pretest-postest)

Ítem	Cuestiones	Respuestas
1	¿Cuál es tu conocimiento sobre aspectos educativos de circuitos eléctricos, programación y uso de sensores?	Nula (1) (2) (3) (4) (5) Excelente
2	¿Te interesaría profundizar en los conceptos de programación y robótica para aplicarlos como docente?	No, no es necesario (1) (2) (3) (4) (5) Sí, si me interesa
3	¿Es una buena idea juntar los enfoques de matemáticas, ciencias, tecnología e ingeniería para el aprendizaje?	No, para nada (1) (2) (3) (4) (5) Sí, muy conveniente
4	¿Cuál es tu interés con respecto a la programación, circuitos integrados y uso de sensores?	Ninguno (1) (2) (3) (4) (5) Bastante

<i>Ítem</i>	<i>Cuestiones</i>	<i>Respuestas</i>
5	¿Comprender los conceptos científicos de electricidad (voltaje, intensidad y resistencia) podrían ser útiles para el día a día?	No lo creo (1) (2) (3) (4) (5) Sí, mucho
6	¿Cómo ves el hecho de hacer programación?	Algo complicado (1) (2) (3) (4) (5) Algo entendible y útil
7	¿Qué importancia crees que tendrá la enseñanza de la programación en estudiantes de primaria?	Ninguna (1) (2) (3) (4) (5) Muchísima
8	¿Crees que es muy complicado el crear y programar una estación meteorológica casera?	Sí, totalmente (1) (2) (3) (4) (5) No, es algo factible
9*	La programación y la tecnología, ¿crees que son temas de chicos, de chicas o de ambos?	Chicas (1) (2) (3) (4) (5) Chicos
10*	¿Qué hace comprender mejor los fenómenos: la experimentación o la modelización de lo ocurrido?	Experimentación (1) (2) (3) (4) (5) Modelización

En las últimas dos preguntas, el valor «3» corresponde a un resultado intermedio: igualdad (ítem 9) y metodología mixta (ítem 10).

Por otro lado, la validez del constructo se llevó a cabo mediante un análisis factorial exploratorio. La adecuación factorial Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que correlaciona pares de variables (Cohen et al., 2017), genera, tanto para el pretest como para el postest, lo siguiente: 1) pretest: 0,71, y obtiene para la prueba de esfericidad de Barlett un 213,17 ($p < 0,001$), y 2) postest: 0,86 y 407,72 para la prueba de Barlett ($p < 0,001$). Estos datos consideran que los ítems se pueden agrupar, lo que origina diferentes categorías o factores, en concreto, un total de tres, a partir de la utilización del método de rotación Varimax con normalización Kaiser-Guttman, el cual explicó el 53,5 % de la varianza (ver tabla 2) (Cobos Alvarado et al., 2016; Moafian et al., 2019). Los factores obtenidos fueron: 1) *Factor 1*: programación, robótica e identidad STEM; 2) *Factor 2*: habilidades tecnológicas y de programación; y 3) *Factor 3*: Orientaciones intervencionales respecto a: 3.1) *igualdad de género* y 3.2) *metodología de indagación (IBSE-MBI)*.

Tabla 2.
Factores obtenidos a partir del análisis factorial exploratorio del instrumento

	<i>Factor 1</i> <i>Programación, robótica e identidad STEM</i>	<i>Factor 2</i> <i>Habilidades tecnológicas y de programación</i>	<i>Factor 3</i> <i>Orientaciones intervencionales</i> <i>3.1 Igualdad (ítem 9)</i> <i>3.2 Metodología de indagación (ítem 10)</i>
Ítems (pretest/postest)	2, 3, 4, 5, 7	1, 6, 8	9, 10
% Varianza	28,5	13,2	11,8
% Acumulado	28,5	41,7	53,5
Kaiser-Guttman (valores característicos > 1)	1,69	1,15	1,09

La fiabilidad del instrumento (consistencia interna) se garantizó a raíz de los resultados del criterio de alfa de Cronbach (Deng y Chan, 2017; Peters, 2014): 1) $\alpha_{\text{pretest}} = 0,68$; 2) $\alpha_{\text{postest}} = 0,80$. El valor de alfa muestra una fiabilidad moderada en primera instancia, que mejora considerablemente tras la intervención.

Diseño estadístico

Se realizó un diseño cuasiexperimental, en concreto un diseño longitudinal de medidas repetidas, pretest-postest, sin grupo control. Debido a esta limitación, se controlaron variables externas, como posibles cambios actitudinales ajenos a la propuesta y la prevención de la mortalidad experimental (Bono Cabré, 2012; Mcmillan y Schumacher, 2013). La prueba de normalidad Kolmogórov-Smirnov, con corrección Lilliefors (Mohd Razali y Bee Wah, 2011), dio valores de $p < 0,05$, por lo que se emplearon pruebas no paramétricas de contraste pretest-postest (prueba de Wilcoxon), midiéndose, en todos los casos de significatividad estadística, el tamaño del efecto (r), cuyos valores ofrecen un pequeño (0,10 - 0,3), moderado (0,30 - 0,5) o gran efecto ($\geq 0,5$), según el caso (J. Cohen, 1988). Para las comparaciones entre género, grupos (ciencias experimentales-ciencias sociales) o tests, se realizó la prueba U de Mann-Whitney para muestras no relacionadas (Berlanga Silvestre y Rubio Hurtado, 2012).

Intervención y procedimiento

Toda la intervención estuvo bajo un enfoque interdisciplinar STEM debido a la importancia que puede aportar este tipo de actuaciones en el futuro profesorado de educación primaria a raíz de la legislación vigente. Durante la intervención, se realizaron debates sobre sus fundamentos teóricos, el proceso de diseño de la ingeniería y su aplicabilidad en las clases de ciencias y matemáticas.

Con respecto a las áreas, las matemáticas y las ciencias aportaron los contenidos. La tecnología se encargó de introducir recursos y materiales con orientación procedimental (ordenadores, sensores, placas base, programas de simulación, pantallas, conectores, etc.) y, con respecto a la ingeniería, tuvo el papel del diseño de los miniproyectos y la secuenciación de las actividades a partir de: 1) crear; 2) probar; 3) optimizar (ensayo-error) y 4) argumentar (Botero Espinosa, 2018; Simarro Rodríguez y Couso Lagaron, 2022), adoptando las directrices del aprendizaje por indagación (IBSE-MBI), las cuales se comentarán a continuación.

La intervención se clasificó en dos tipos de actuaciones (niveles básico y avanzado). En el nivel básico, se ensayaron los conceptos fundamentales de programación por bloques (Scratch) de forma interactiva (IBSE), donde el futuro profesorado modelizó (MBI) programas probabilísticos, como un programa de adivinación de respuesta aleatoria (bola mágica) y un sencillo Plinko baloncestista (regla de Laplace y probabilidad condicionada) (figura 1A). En el nivel avanzado, se empleó material de Arduino (IBSE), creando un pH metro casero, dos estaciones meteorológicas y un sensor de lluvia y de humedad del suelo (contenidos científicos). Para ello, se interactuó con el lenguaje de programación Wiring, junto con la plataforma Tinkercad (IBSE), la cual incorpora la programación por bloques de Scratch y material Arduino simulado. Posteriormente, se comprendió la importancia de la formulación matemática (conversión de unidades y relación entre variables), así como la lógica de la programación para poder calibrar los anteriores sensores (MBI), generando diseños virtuales o prototipos tanto reales como simulados (véase figuras 1B y 2). Además, se establecieron grupos de trabajo, disponiendo siempre de un líder en cada grupo, con la condición de que hubiera el mismo número de líderes masculinos y femeninos en el aula.

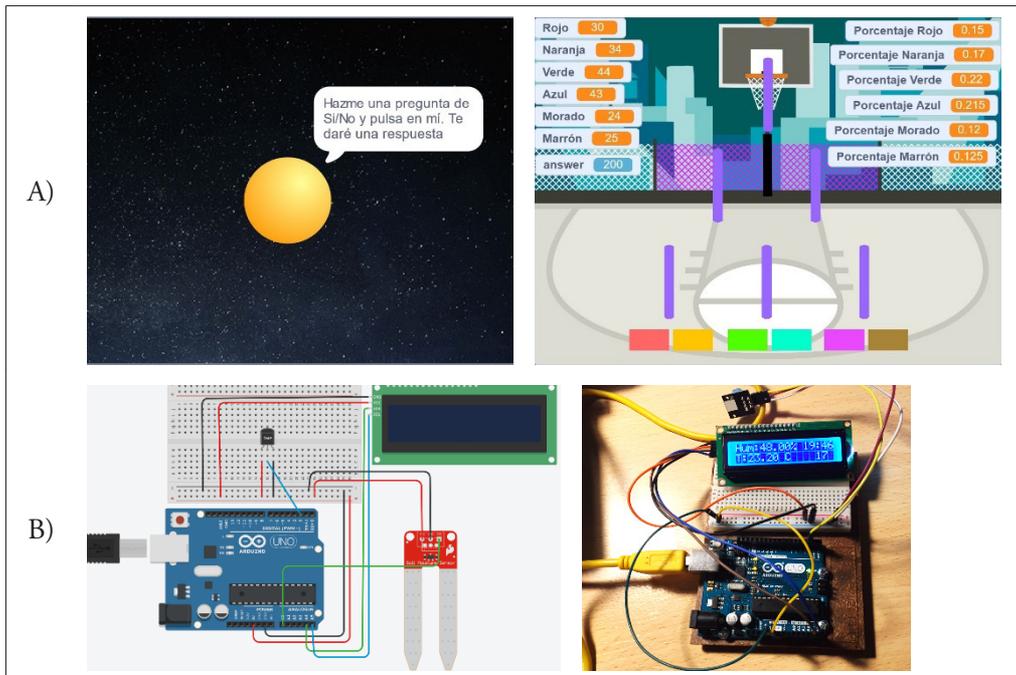


Fig. 1. Ejemplos de: A) programación con Scratch: la bola mágica y la regla de Laplace baloncestista; B) sensor de temperatura y humedad de suelo simulado con Tinkercad (izquierda); programación de miniestación meteorológica con sensores y Arduino (derecha). Fuente: elaboración propia.

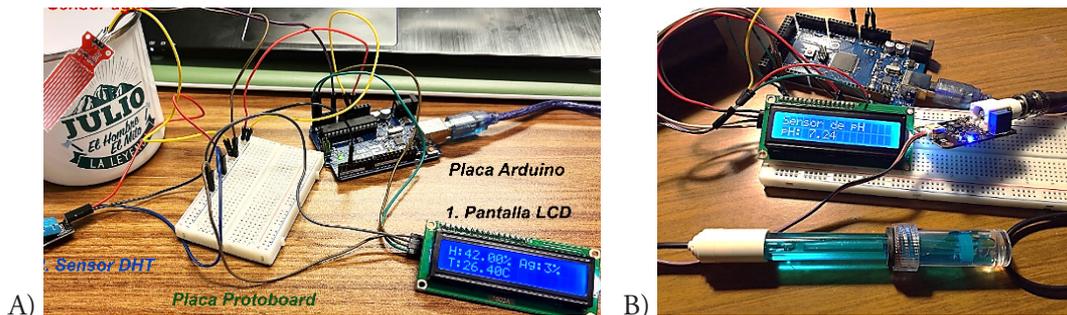


Fig. 2. A) estación meteorológica casera; B) pH metro *low cost*. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se detallan las actividades junto a las metodologías de indagación que fueron implementadas:

- Actuación 1. Nivel básico: conceptos de programación (Scratch) (duración 1 semana).
 - Actividad 1.1. Iniciación al uso de Scratch (IBSE: interacción y aprendizaje con la plataforma. Uso de bloques, *sprites*, etc.).
 - Actividad 1.2. Probabilidad programada (MBI: creación de modelos virtuales de probabilidad: bola mágica y regla de Laplace. Programación por bloques. Figura 1A).
- Actuación 2. Nivel avanzado: uso de sensores (Arduino), manipulación experimental (IBSE) y modelización (MBI) (duración 3 semanas).

- Actividad 2.1. Programación orientada a objetos con elementos de Arduino: de Scratch a Tinkercad (IBSE: interacción y aprendizaje de la nueva plataforma con elementos de Arduino simulado. Pequeños proyectos mediante aprendizaje interactivo).
- Actividad 2.2. Arduino experimental: fundamentos y materiales (IBSE: aprendizaje interactivo con placas microcontroladoras, LED, conectores y sensores).
- Actividad 2.3. Creación de una miniestación meteorológica: sensor de humedad y temperatura (MBI: diseñar prototipo virtualmente mediante Tinkercad y programación por bloques; IBSE: creación real con placas, sensores y pantalla LCD; figura 1B_{derecha}).
- Actividad 2.4. Introducción al lenguaje de programación Wiring (IBSE: aprendizaje interactivo a partir de ejemplos).
- Actividad 2.5. Programar una instrucción con el objetivo de resolver problemas matemáticos: condicionantes y operadores de comparación con algoritmos para Arduino (MBI: creación de expresiones matemáticas lógicas).
- Actividad 2.6. Monitorización de temperatura y humedad del suelo (MBI: diseño virtual con Tinkercad, programación y calibración; figura 1B_{izquierda}; IBSE: montaje real).
- Actividad 2.7. Estación meteorológica casera: pluviómetro, temperatura y humedad (conceptos de presión y temperatura; IBSE: montaje interactivo de placas, sensores y pantalla LCD. MBI: diseño y programación por bloques (Tinkercad) y Wiring. Calibrado de sensores a través de modificaciones de expresiones lógicas; figura 2A).
- Actividad 2.8. Creación de un pH metro *low cost* (concepto de pH; IBSE: montaje interactivo de placas, sensor pH y LCD; figura 2B; MBI: programación facilitando ejemplo de programa Wiring que modificar. Diseño y calibrado del sensor a través de expresiones lógicas y empleo de disoluciones patrón).

Todo el material utilizado, así como los soportes visuales, programas y materiales, puede consultarse aquí: <https://cmli.es/investigacion/proyecto-istemduino/>

Resultados y discusión

Resultados globales por factores

A partir de la prueba de Wilcoxon (pretest-postest), se obtuvieron los siguientes resultados:

- *Factor 1 (Programación, robótica e identidad STEM)*: se obtiene un cambio significativo para esta categoría (pretest: $3,60 \pm 0,68$; postest: $3,89 \pm 0,70$; $V = 1104,0$, $p < 0,001$), con un moderado tamaño de efecto: $r = 0,49$. Podemos observar que el punto de partida de este factor era discretamente satisfactorio y que, tras la propuesta, se obtiene una moderada mejora sobre el interés, los conocimientos y la utilidad de la *programación y robótica*, así como de la *identidad STEM*, lo que asegura su aplicación por los futuros maestros/as (Perales Palacios y Aguilera, 2020).
- *Factor 2 (habilidades tecnológicas y de programación)*: se obtiene un cambio significativo con un gran tamaño de efecto (pretest: $2,48 \pm 0,78$; postest: $3,56 \pm 0,79$; $V = 92,5$, $p < 0,001$, $r = 0,82$). Tras las sesiones, el futuro profesorado tiene la percepción de incrementar sus habilidades tecnológicas y de programación, aspecto que se confirmó al observar un avance progresivo de acierto de los retos propuestos. Ello les permitió enfrentar creencias negativas del pasado, y adquirir más elementos para seguir incrementando su *identidad STEM*, como así afirman Grimalt-Álvarez y Couso (2022).
- *Factor 3 (Orientaciones intervencionales)*. Este factor no presenta cambios ($V = 1606,5$, $p = 0,444$). Sin embargo, en sus subcategorías, sí se observan diferencias:

- 3.1 *Igualdad de género (ítem 9)*. El valor óptimo corresponde al valor de «3», el cual implica la igualdad. Valores menores supone «temas de chicas» y valores superiores a «temas de chicos». Por tanto, se detecta un pequeño acercamiento a favor de la igualdad: pretest: $3,63 \pm 0,70$; posttest: $3,43 \pm 0,66$; $V = 1250,0$, $p = 0,007$, $r = 0,23$, sesgando moderadamente la balanza al género masculino.
- 3.2 *Metodología de indagación IBSE-MBI (ítem 10)*. El valor óptimo también corresponde al valor de «3», el cual implica un uso equiparable de ambas metodologías, que es el valor que se obtiene en ambos casos: pretest: $2,81 \pm 0,91$; posttest $2,90 \pm 0,97$; $V = 784,5$, $p = 0,319$. Los futuros maestros/as, tras la intervención, siguen apostando por una indagación mixta de experimentación y modelización, lo que da un resultado muy positivo para STEM, ya que lo indicado va en consonancia con las últimas investigaciones realizadas (Jiménez-Liso et al., 2022; Simarro Rodríguez y Couso Lagaron, 2022).

Tabla 3.
Resultados de los factores para los cuestionarios pretest-postest

Factor		Pretest	Postest	Prueba de Wilcoxon
Factor 1 (Ítems 2, 3, 4, 5, 7) Programación, robótica e identidad STEM		$3,60 \pm 0,68$	$3,89 \pm 0,70$	$V = 1104,0$ $p < 0,001$ Moderado efecto ($r = 0,49$)
Factor 2 (Ítems 1, 6, 8) Habilidades tecnológicas y de programación		$2,48 \pm 0,78$	$3,56 \pm 0,79$	$V = 92,5$ $p < 0,001$ Gran efecto ($r = 0,82$)
Factor 3* (Ítems 9, 10)	Global	$3,22 \pm 0,42$	$3,17 \pm 0,65$	$V = 1606,5$ $p = 0,444$
	3.1 Igualdad (Ítem 9)	$3,63 \pm 0,70$	$3,43 \pm 0,66$	$V = 1250,0$ $p = 0,007$ Pequeño efecto ($r = 0,23$)
	3.2 Metodologías IBSE-MBI (Ítem 10)	$2,81 \pm 0,91$	$2,90 \pm 0,97$	$V = 784,5$ $p = 0,319$

*Este factor presenta una graduación diferente. El valor óptimo corresponde al valor de 3.

Como se puede comprobar, se alcanzan los objetivos y se confirma, en casi su totalidad, la hipótesis propuesta, y se necesita mejorar la concienciación de igualdad.

Debido a la singularidad del factor 3, se estudiarán solo sus subcategorías, ya que en su forma global no se obtienen resultados significativos para los siguientes análisis.

Resultados de los factores a partir de la diferenciación por género

La diferenciación por género empleó la prueba de Wilcoxon junto a un estudio comparativo entre cada pretest y postest (prueba U de Mann-Whitney), lo que dio los siguientes resultados (tabla 4):

- Factor 1:
 - Efecto de la propuesta: se observa que el cambio del pretest al postest es significativo en ambos géneros, presentando un ligeramente mayor efecto en las mujeres (mujeres: $V = 285,0$; $p < 0,001$; $r = 0,55$; hombres: $V = 278,0$; $p = 0,001$; $r = 0,42$).
 - Comparativa: la comparación entre tests, tanto iniciales como finales, no muestra diferencias significativas: 1) $\text{pretest}_{\text{mujeres}} - \text{pretest}_{\text{hombres}}$: $U = 1813,5$; $p = 0,233$; 2) $\text{postest}_{\text{mujeres}} - \text{postest}_{\text{hombres}}$: $U = 1946,0$; $p = 0,573$. Se puede concluir que ambos géneros han obtenido un mejor interés, conocimientos y utilidad de la *programación y robótica*, así como de la *identidad STEM*. Sin embargo, son las mujeres las que más han avanzado que, como indican Dökme et al. (2022) en su estudio, su motivación depende más de participar en propuestas de este tipo que en tener en cuenta otras variables, como los niveles educativos de los progenitores o tener familiares y amigos inmersos en dichas áreas.
- Factor 2:
 - Efecto de la propuesta: en ambos géneros, se observa un cambio significativo de gran efecto: (mujeres: $V = 12,0$; $p < 0,001$; $r = 0,84$; hombres: $V = 36,5$; $p < 0,001$; $r = 0,81$).
 - Comparativa: las mujeres ($2,26 \pm 0,77$) parten de la opinión de tener menos habilidades a diferencia de los hombres ($2,75 \pm 0,72$) (pretest: $U = 1359,5$; $p < 0,001$; $r = 0,30$). A su término (mujeres: $3,44 \pm 0,83$; hombres: $3,71 \pm 0,72$), se obtiene un gran avance, y se reduce la diferencia (postest: $U = 1664,0$; $p = 0,044$; $r = 0,18$), resultados que muestran que el género no parece ser un elemento diferenciador de aptitudes tecnológicas y de programación, como también se afirma en Rossi Cordero y Barajas Frutos (2015).
- Factor 3 (se atenderá a sus subcategorías por su significancia):
 - Factor 3.1 (Igualdad):
 - Efecto de la propuesta: solamente, en el caso de las mujeres, se muestra un efecto significativo de moderado efecto ($V = 495,0$; $p = 0,002$; $r = 0,36$; pretest: $3,57 \pm 0,71$; postest: $3,24 \pm 0,52$), con un acercamiento hacia la igualdad (valores cercanos a 3). En cambio, en los hombres, no existe cambio de opinión ($V = 173,5$; $p = 0,758$; pretest: $3,69 \pm 0,68$; postest: $3,66 \pm 0,73$), donde se mantiene un valor medio alejado de la igualdad.
 - Comparativa: se parte de similares opiniones iniciales (pretest: $U = 1853,0$; $p = 0,272$), y se fija la tendencia ligeramente hacia los hombres, en torno al 3,6. En cambio, al final, se observa un cambio moderado de opinión por parte de las mujeres (postest: $U = 1439,5$; $p < 0,001$; $r = 0,30$), las cuales se inclinan más por la igualdad ($3,24 \pm 0,52$) tras experimentar la propuesta, incentivando su interés y habilidades, aspectos que parecen no haber sido advertidos por parte de los hombres.
 - Factor 3.2 (IBSE-MBI):
 - Efecto de la propuesta: no se observan cambios del pretest al postest en ambos géneros (mujeres: $V = 191,5$, $p = 0,798$; hombres: $V = 206,5$, $p = 0,253$).
 - Comparativa: las opciones iniciales y finales dan situaciones similares (pretest: $U = 2081,5$, $p = 0,934$; postest: $U = 1920,5$, $p = 0,459$), sin que hayan cambios, y se opta finalmente por un método mixto entre las metodologías de indagación (IBSE-MBI), no siendo el género un elemento diferenciador en este aspecto.

Tabla 4.
Resultados por factores diferenciando por género

Ítem	Test	Mujeres	Hombres	Prueba U de Mann-Whitney
Factor 1	Pretest	3,54 ± 0,68	3,68 ± 0,67	U = 1813,5 p = 0,233
	Posttest	3,85 ± 0,74	3,93 ± 0,65	U = 1946,0 p = 0,573
	Prueba Wilcoxon	V = 285,0 p < 0,001 Gran efecto (r = 0,55)	V = 278,0 p = 0,001 Moderado efecto (r = 0,42)	
Factor 2	Pretest	2,26 ± 0,77	2,75 ± 0,72	U = 1359,5 p < 0,001 Pequeño efecto (r = 0,30)
	Posttest	3,44 ± 0,83	3,71 ± 0,72	U = 1644,0 p = 0,044 Pequeño efecto (r = 0,18)
	Prueba Wilcoxon	V = 12,0 p < 0,001 Gran efecto (r = 0,84)	V = 36,5 p < 0,001 Gran efecto (r = 0,81)	
Factor 3.1	Pretest	3,57 ± 0,71	3,69 ± 0,68	U = 1853,0 p = 0,272
	Posttest	3,24 ± 0,52	3,66 ± 0,73	U = 1439,5 p < 0,001 Pequeño efecto (r = 0,30)
	Prueba Wilcoxon	V = 495,0 p = 0,002 Moderado efecto (r = 0,36)	V = 173,5 p = 0,758	
Factor 3.2	Pretest	2,79 ± 1,01	2,83 ± 0,79	U = 2081,5 p = 0,934
	Posttest	2,83 ± 1,02	2,98 ± 0,90	U = 1920,5 p = 0,459
	Prueba Wilcoxon	V = 191,5 p = 0,798	V = 206,5 p = 0,253	

Resultado de los factores diferenciando según los estudios previos

A partir de los dos grupos existentes: 1) grupo de ciencias experimentales (estudios de bachillerato de ciencias y tecnología: 31,0 % del alumnado) y 2) grupo de ciencias sociales (humanidades, artes, formación profesional y otros: 69,0 % del alumnado), se realizó la prueba de Wilcoxon, junto al estudio comparativo de pretests y postests (prueba U de Mann-Whitney), lo que dio los siguientes resultados (véase tabla 5):

- Factor 1:
 - Efecto de la propuesta: se observa un cambio significativo de efecto moderado similar del pretest al posttest para ambos grupos (ciencias experimentales: V = 147,5; p = 0,003; r = 0,48; ciencias sociales: V = 469,0; p < 0,001; r = 0,48), con un resultado cercano al número 4 tras la propuesta.

- Comparativa: ambas situaciones iniciales y finales no presentan diferencias significativas, lo que da resultados similares en ambos tests (pretest: $U = 1832,5$, $p = 0,790$; posttest: $U = 2001,0$; $p = 0,259$), por lo que no influyen los estudios previos en este factor, ya que ambos grupos mejoran por igual tras la propuesta, lo que da resultados acordes a los que obtuvieron también Dökme et al. (2022).
- Factor 2:
 - Efecto de la propuesta: se observa un cambio significativo de gran efecto en ambos grupos: (ciencias experimentales: $V = 12,0$; $p < 0,001$; $r = 0,84$; ciencias sociales: $V = 39,0$; $p < 0,001$; $r = 0,82$).
 - Comparativa: en ambos grupos se parte de una misma opinión (pretest: $U = 1998,5$; $p = 0,263$), por la que las habilidades en el uso de la tecnología y la programación son bajas (ciencias experimentales: $2,59 \pm 0,90$; ciencias sociales: $2,43 \pm 0,73$). A su término (ciencias experimentales: $3,66 \pm 0,81$; ciencias sociales: $3,52 \pm 0,79$), llegan mínimamente a diferenciarse (posttest: $U = 2374,5$; $p = 0,002$, $r = 0,092$), por lo que, visto en su contexto, los estudios previos apenas son un criterio diferenciador para este factor.
- Factor 3:
 - Factor 3.1 Igualdad:
 - Mujeres:
 - Efecto de la propuesta: en ambos grupos se obtuvieron cambios significativos: 1) ciencias experimentales: $V = 36,0$; $p = 0,011$; $r = 0,72$. En este grupo (pretest: $4,00 \pm 0,85$; posttest: $3,27 \pm 0,46$), el cambio es drástico a favor de la igualdad (valores cercanos a «3»). En un principio, las futuras maestras consideran que las áreas de programación y robótica pertenecen más al ámbito de los chicos, debido en parte a sus experiencias previas (ambiente sociocultural, posibles estereotipos dentro del área y orientaciones profesionales) (Sparks, 2018); 2) ciencias sociales: $V = 265,5$; $p = 0,045$, $r = 0,25$. Su cambio es más leve (pretest: $3,45 \pm 0,63$; posttest: $3,24 \pm 0,54$), con un valor inicial más bajo debido posiblemente al no haber estado en el ambiente científico-tecnológico del otro grupo, y se obtiene una distinción entre grupos en la misma línea a los reflejados por Hernández Sempere y Espuny Vidal (2022).
 - Comparativa: efectivamente, se parte de pequeñas diferencias iniciales (pretest: $U = 557,5$; $p = 0,023$; $r = 0,27$). En cambio, tras la propuesta, se llega a una misma opinión (posttest: $U = 419,0$; $p = 0,917$), lo que da un valor medio cercano al 3,25.
 - Hombres:
 - Efecto de la propuesta: no se obtuvieron cambios significativos en ambos grupos: 1) ciencias experimentales: $V = 28,0$; $p = 0,152$; 2) ciencias sociales: $V = 92,0$; $p = 0,242$, lo que revela que la programación y la tecnología se encuentran un poco más ligadas al género masculino bajo la perspectiva de los hombres, imperando estereotipos, como generalmente se muestra en estudios recientes (Hernández Sempere y Espuny Vidal, 2022; Rossi Cordero y Barajas Frutos, 2015)
 - Comparativa: los futuros maestros parten de pequeñas diferencias iniciales (pretest: $U = 553,5$; $p = 0,029$; $r = 0,28$), como ocurría con las mujeres: los hombres provenientes de ciencias experimentales ($3,92 \pm 0,64$) consideran que estas áreas están más orientadas a los hombres, a diferencia de los procedentes de ciencias sociales ($3,53 \pm 0,66$), donde su inclinación es más moderada. A su término, el grupo de ciencias experimentales se aproxima al valor que ofrece el grupo de ciencias sociales, en el que este último no cambia su opinión tras la propuesta en donde

ambos ofrecen un valor cercano al 3,5, sin diferencias significativas (postest: $U = 469,5$; $p = 0,463$).

- Factor 3.2 (IBSE - MBI):
 - Efecto de la propuesta: con respecto a los provenientes de estudios de ciencias experimentales, se observan cambios moderados del pretest al postest (pretest: $2,50 \pm 0,78$; postest: $2,90 \pm 0,98$; $V = 40,0$; $p = 0,012$; $r = 0,42$), donde se aumenta la contribución de la modelización (MBI), equilibrando ambas metodologías tras las actividades realizadas. Con respecto a los provenientes de ciencias sociales, su opinión no varía tras la intervención (pretest: $2,94 \pm 0,93$; postest: $2,90 \pm 0,97$; $V = 441,5$; $p = 0,665$).
 - Comparativa: la opción inicial presenta pequeñas diferencias entre grupos (pretest: $U = 1233,0$; $p = 0,002$; $r = 0,27$). En cambio, la opción final da como resultado un mismo valor medio 2,90 (postest: $U = 1727,5$, $p = 0,773$), optando finalmente por una metodología mixta IBSE-MBI del enfoque STEM, centrado en el diseño (Simarro Rodríguez y Couso Lagaron, 2022).

Tabla 5.
Resultados por factores diferenciando por estudios previos
del alumnado (ciencias experimentales-ciencias sociales)

Ítem	Test	Ciencias experimentales	Ciencias sociales	Prueba U de Mann-Whitney
Factor 1	Pretest	$3,64 \pm 0,76$	$3,59 \pm 0,64$	$U = 1832,5$ $p = 0,790$
	Postest	$3,97 \pm 0,74$	$3,85 \pm 0,68$	$U = 2001,0$ $p = 0,259$
	Prueba Wilcoxon	$V = 147,5$ $p = 0,003$ Moderado efecto ($r = 0,48$)	$V = 469,0$ $p < 0,001$ Moderado efecto ($r = 0,48$)	
Factor 2	Pretest	$2,59 \pm 0,90$	$2,43 \pm 0,73$	$U = 1998,5$ $p = 0,263$
	Postest	$3,66 \pm 0,81$	$3,52 \pm 0,79$	$U = 2374,5$ $p = 0,002$ Pequeño efecto ($r = 0,092$)
	Prueba Wilcoxon	$V = 12,0$ $p < 0,001$ Gran efecto ($r = 0,84$)	$V = 39,0$ $p < 0,001$ Gran efecto ($r = 0,82$)	
Factor 3.1 (Mujeres)	Pretest	$4,0 \pm 0,85$	$3,45 \pm 0,63$	$U = 557,5$ $p = 0,023$ Pequeño efecto ($r = 0,27$)
	Postest	$3,27 \pm 0,46$	$3,24 \pm 0,54$	$U = 419,0$ $p = 0,917$
	Prueba Wilcoxon	$V = 36,0$ $p = 0,011$ Gran efecto ($r = 0,72$)	$V = 265,5$ $p = 0,045$ Pequeño efecto ($r = 0,25$)	
Factor 3.1 (Hombres)	Pretest	$3,92 \pm 0,64$	$3,53 \pm 0,66$	$U = 553,5$ $p = 0,029$ Pequeño efecto ($r = 0,28$)
	Postest	$3,72 \pm 0,61$	$3,62 \pm 0,82$	$U = 469,5$ $p = 0,463$

Ítem	Test	Ciencias experimentales	Ciencias sociales	Prueba U de Mann-Whitney
Factor 3.1 (Hombres)	Prueba Wilcoxon	V = 28,0 p = 0,152	V = 92,0 p = 0,242	
Factor 3.2	Pretest	2,50 ± 0,78	2,94 ± 0,93	U = 1233,0 p = 0,002 Pequeño efecto (r = 0,27)
	Postest	2,90 ± 0,98	2,90 ± 0,97	U = 1727,5 p = 0,773
	Prueba Wilcoxon	V = 40,0 P = 0,012 Moderado efecto (r = 0,42)	V = 441,5 p = 0,666	

Efecto global de la propuesta

A partir de la media aritmética de todos los ítems del cuestionario, recodificando para este apartado los ítems 9 y 10, de forma que sigan una escala de Likert ordinal con el número 5 como valor máximo para la igualdad y la metodología mixta IBSE-MBI, la intervención produjo un cambio significativo de gran efecto: pretest (3,33 ± 0,52); postest (3,83 ± 0,53); V = 1357,0, p < 0,001, r = 0,77, lo que significa que la propuesta presentada ha sido muy efectiva y satisfactoria, y se verifica en mayor medida la hipótesis y los objetivos propuestos.

Tabla 6.
Resultados finales sobre la propuesta de intervención *iSTEMduino*

Concepto	Resultado global		
	Pretest	Postest	Prueba de Wilcoxon
Media aritmética de ítems	3,33 ± 0,52	3,83 ± 0,53	V = 1357,0 p < 0,001 Gran efecto (r = 0,77)

CONCLUSIONES

El proyecto *iSTEMduino* ha permitido aplicar de forma favorable contenidos matemáticos y de ciencias experimentales mediante la programación y la tecnología, y ha logrado impulsar estas habilidades gracias a una metodología basada en el diseño, lo que contribuye a una ingeniería más accesible. Además, ha proporcionado un impulso moderado de la *identidad* STEM en los futuros maestros/as de educación primaria, resultado similar al obtenido por Tsai et al. (2022). Sin embargo, cabe destacar que se puede conseguir un mayor efecto de esta *identidad* al incluir más actividades de creación de algoritmos computacionales, como de hecho hicieron Sarı et al. (2022) en su proyecto. En cambio, estos autores encontraron un fomento moderado de las habilidades de programación y tecnología, mientras que la propuesta *iSTEMduino* originó un mayor efecto de estas, al incluir más actividades de indagación, tanto de modelización (programación y diseño) como de experimentación con sensores, de lo que resultó más recomendable este efecto competencial.

Con respecto al género, al ofertar una dimensión social de la tecnología (aplicabilidad y utilización) y una participación con papeles alternantes de liderazgo en los grupos (González-Palencia Jiménez y Jiménez Fernández, 2016), se consiguió un acercamiento leve hacia la igualdad, aspecto que también

observaron Tsai et al. (2022) en su proyecto STEM basado en la gamificación. Por tanto, como sugerencia de mejora, se considera necesario ofertar para ambos géneros, pero sobre todo para los hombres, actividades con ejemplos de mujeres destacadas de la actualidad y de la historia en las áreas STEM, adoptando orientaciones de una *pedagogía feminista de la computación*, como indica Ren (2022).

En cuanto a los estudios previos cursados (ciencias experimentales o ciencias sociales), ellos mismos no constituyen un impedimento o ventaja en la motivación, en el desarrollo del aprendizaje STEM ni en las habilidades tecnológicas y de programación. En cambio, tanto los hombres como las mujeres procedentes de ciencias experimentales parten de una disposición inicial mucho más orientada al género masculino en la tecnología y la programación, permaneciendo los hombres en dicha opinión tras la intervención, al contrario que las mujeres, que muestran un moderado acercamiento hacia la igualdad. Se deduce de ello un necesario cambio social y cultural a favor de la igualdad en el ámbito de las ciencias experimentales (Martín Carrasquilla et al., 2022; Sparks, 2018), en especial en los grados de educación, para que el futuro profesorado presente una mejor concienciación. Con respecto a las ciencias sociales, los hombres mantienen la balanza inclinada levemente a su género, lo que no sucede con las mujeres, que se acercan discretamente a la igualdad. En definitiva, este proyecto ha proporcionado a la mujer una motivación y una accesibilidad positiva para las áreas científico-tecnológicas.

La aplicación y complementación de las metodologías de indagación (IBSE-MBI) ha sido percibida favorablemente por el futuro profesorado, en especial por el proveniente de ciencias experimentales, que ha valorado la importancia de la modelización.

En definitiva, un proyecto como *iSTEMduino*, teniendo en cuenta las modificaciones indicadas en este apartado, permitirá impulsar en los futuros docentes el aprendizaje de contenidos científico-matemáticos a partir del desarrollo de las habilidades tecnológicas y la creación de diseños, lo que facilitará una interdisciplinariedad integradora (De Pro Bueno y Nortes Martínez-Artero, 2016). El hecho de introducir estas actividades en los actuales grados de educación hará posible orientar y mejorar la enseñanza del enfoque STEM en Educación Primaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad de Granada la concesión del proyecto de innovación presentado en este trabajo, de código 22-41, y al centro de magisterio La Inmaculada (CMLI) el hecho de apostar y facilitar su realización, dotando material y ofreciendo soporte durante todo el proyecto.

REFERENCIAS

- Ahmed, S. A. M., Zhang, W., Ma, H. y Feng, Z. (2023). Professional development for STEM educators: A bibliometric analysis of the recent progress. *Review of Education*, 11(1), 1-33. <https://doi.org/10.1002/rev3.3392>
- Albertos Gómez, D. (2022). Evaluación del efecto de la indagación guiada sobre la competencia científica en estudiantes de Educación Secundaria. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 0(43), 141. <https://doi.org/10.7203/dces.43.22909>
- Berlanga Silvestre, V. y Rubio Hurtado, M. J. (2012). Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 5, 101-113. <https://doi.org/10.1344/reire2012.5.2528>
- Bono Cabré, R. (2012). Diseños cuasi-experimentales y longitudinales. En *OMADO (Objectes i Materials DOcents)*. Universidad de Barcelona. <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/30783>

- Botero Espinosa, J. (2018). *Educación STEM. Introducción a una nueva forma de enseñar y aprender*. Stilo Impresores LTDA.
- Castro-Rodríguez, E. y Montoro, A. B. (2021). Educación STEM y formación del profesorado de Primaria en España. *Revista de Educación*, 393, 353-378. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2021-393-497>
- Cobos Alvarado, F., Peñaherrera León, M. y Ortiz Colon, A. M. (2016). Validation of a questionnaire on research-based learning with engineering students. *Journal of Technology and Science Education*, 6(3), 219. <https://doi.org/10.3926/jotse.227>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (Second Ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2017). *Research methods in education* (8 ed.). Routledge. Taylor and Francis.
- Cooper, A. C., Southard, K. M., Osness, J. B. y Bolger, M. S. (2022). The Instructor's Role in a Model-Based Inquiry Laboratory: Characterizing Instructor Supports and Intentions in Teaching Authentic Scientific Practices. *CBE—Life Sciences Education*, 21(1), 21:ar9. <https://doi.org/10.1187/cbe.21-07-0177>
- Couso, D., Domènech Casal, J., Simarro Rodríguez, C., López Simó, V. y Grimalt-Álvaro, C. (2022). Perspectivas, Metodologías y Tecnologías en el despliegue de la educación STEM. *Ciències: revista del professorat de ciències de Primària i Secundària*, 44, 56-71. <https://doi.org/10.5565/rev/ciencies.470>
- De Pro Bueno, A. y Nortes Martínez-Artero, R. M. (2016). ¿Qué pensaban los estudiantes de la diplomatura de maestro de educación primaria sobre las clases de ciencias de sus prácticas de enseñanza? *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 34(1), 7. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1762>
- Deng, L. y Chan, W. (2017). Testing the Difference Between Reliability Coefficients Alpha and Omega. *Educational and Psychological Measurement*, 77(2), 185-203. <https://doi.org/10.1177/0013164416658325>
- Dökme, İ., Açıksöz, A. y Koyunlu Ünlü, Z. (2022). Investigation of STEM fields motivation among female students in science education colleges. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00326-2>
- Domènech-Casal, J., Lope, S. y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 16(2), 1-16. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203
- Dúo-Terrón, P. (2023). Analysis of Scratch Software in Scientific Production for 20 Years: Programming in Education to Develop Computational Thinking and STEAM Disciplines. *Education Sciences*, 13(4), 404. <https://doi.org/10.3390/educsci13040404>
- García-Carmona, A. (2020). STEAM, ¿una nueva distracción para la enseñanza de la ciencia? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(2), 35-50. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.2.6533>
- García-Tudela, P. A. y Marín-Marín, J.-A. (2023). Use of Arduino in Primary Education: A Systematic Review. *Education Sciences*, 13(2), 134. <https://doi.org/10.3390/educsci13020134>
- González-Palencia Jiménez, R. y Jiménez Fernández, C. (2016). La brecha de género en la educación tecnológica. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, 24(92), 743-771. <https://doi.org/10.1590/S0104-403620160003000010>
- 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>

- Hernández Sempere, I. y Espuny Vidal, C. (2022). Estudios STEM y la brecha digital de género en bachillerato. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 81, 55-71. <https://doi.org/10.21556/edutec.2022.81.2601>
- Holo, O. E., Kveim, E. N., Lysne, M. S., Taraldsen, L. H. y Haara, F. O. (2022). A review of research on teaching of computer programming in primary school mathematics: moving towards sustainable classroom action. *Education Inquiry*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/20004508.2022.2072575>
- Jiménez-Liso, M. R., Bellocchi, A., Martínez-Chico, M. y López-Gay, R. (2022). A model-based inquiry sequence as a heuristic to evaluate students' emotional, behavioural, and cognitive engagement. *Research in Science Education*, 52, 1313-1334. <https://doi.org/10.1007/s11165-021-10010-0>
- Jiménez-Liso, M. R., López-Banet, L. y Dillon, J. (2020). Changing How We Teach Acid-Base Chemistry: A Proposal Grounded in Studies of the History and Nature of Science Education. *Science and Education*, 29(5), 1291-1315. <https://doi.org/10.1007/S11191-020-00142-6>
- Juškevičienė, A., Stupurienė, G. y Jevsikova, T. (2021). Computational thinking development through physical computing activities in STEAM education. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 175-190. <https://doi.org/10.1002/cae.22365>
- Koyunlu Ünlü, Z. y Dökme, İ. (2022). A systematic review of 5E model in science education: proposing a skill-based STEM instructional model within the 21-st century skills. *International Journal of Science Education*, 44(13), 2110-2130. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2114031>
- Louca, L. T. y Zacharia, Z. C. (2023). Examining models constructed by kindergarten children. *Journal of Research in Science Teaching*, 1-34. <https://doi.org/10.1002/tea.21862>
- Margot, K. C. y Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(2), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Martín Carrasquilla, O., Santaolalla Pascual, E. y Muñoz San Roque, I. (2022). La brecha de género en la Educación STEM. *Revista de Educacion*, 396, 151-175. <https://doi.org/10.4438/1988-592X-RE-2022-396-533>
- Martínez Chico, M., Rut Jiménez Liso, M. y López-Gay Lucio-Villegas, R. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 12(1), 149-166. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.10
- Martínez Ques, Á. A., Braña Marcos, B., Martín Arribas, C., Vázquez Campo, M., Rumbo Prieto, J. M., López Castro, J., Herrero Olivera, L. y Gómez Salgado, J. (2022). Diseño y validación de un instrumento sobre calidad de la planificación anticipada de decisiones para profesionales. *Gaceta Sanitaria*, 36(5), 401-408. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2021.11.002>
- Martínez-Chico, M. R., López-Gay, R. y Jiménez-Liso, M. R. (2014). La indagación en las propuestas de formación inicial de maestros: análisis de entrevistas a formadores de Didáctica de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(3), 591-608. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1376>
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J. y Vílchez-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>
- McMillan, J. H. y Schumacher, S. (2013). *Research in Education: Evidence-Based Inquiry* (seventh ed). Pearson Education.
- Ministerio de Educación y Formación Profesional. (2022). *Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo* (n.º 52). Consejo de Ministros.

- Moafian, E., Ostovar, S., Griffiths, M. D. y Hashemi, M. (2019). The construct validity and reliability of the 'characteristics of successful EFL teachers questionnaire (CoSEFLT-Q)' revisited. *Porta Linguarum*, (31), 53-73.
- Mohd Razali, N. y Bee Wah, Y. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2(1), 21-33.
- Mosquera Bargiela, I., Puig, B. y Blanco Anaya, P. (2018). Las prácticas científicas en infantil. Una aproximación al análisis del currículum y planes de formación del profesorado de Galicia. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 36(1), 7-23. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2311>
- Moya, A. A. (2019). Studying Avogadro's Law with Arduino. *The Physics Teacher*, 57(9), 621-623. <https://doi.org/10.1119/1.5135793>
- Noris, M., Saputro, S. y Ulimaz, A. (2023). STEM Research Trends From 2013 to 2022: A Systematic Literature Review. *International Journal of Technology in Education*, 6(2), 224-237. <https://doi.org/10.46328/ijte.390>
- Papadimitropoulos, N., Dalacosta, K. y Pavlatou, E. A. (2021). Teaching Chemistry with Arduino Experiments in a Mixed Virtual-Physical Learning Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 30(4), 550-566. <https://doi.org/10.1007/s10956-020-09899-5>
- Passmore, C., Stewart, J. y Cartier, J. (2009). Model-Based Inquiry and School Science: Creating Connections. *School Science and Mathematics*, 109(7), 394-402. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2009.tb17870.x>
- Perales Palacios, F. J. y Aguilera, D. (2020). Ciencia-Tecnología-Sociedad vs. STEM: ¿evolución, revolución o disyunción? *Ápice. Revista de Educación Científica*, 4(1), 1-15. <https://doi.org/10.17979/arec.2020.4.1.5826>
- Peters, G. (2014). The alpha and the omega of scale reliability and validity: why and how to abandon Cronbach's alpha and the route towards more comprehensive assessment of scale quality. *The European health psychologist*, 16(2), 56-69. <https://doi.org/10.31234/osf.io/h47fv>
- Pino, H., Pastor, V., Grimalt-Álvaro, C. y López, V. (2019). Measuring CO₂ with an Arduino: Creating a Low-Cost, Pocket-Sized Device with Flexible Applications That Yields Benefits for Students and Schools. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 377-381. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00473>
- Qutieshat, A., Aouididi, R. y Arfaoui, R. (2019). Design and Construction of a Low-Cost Arduino-Based pH Sensor for the Visually Impaired Using Universal pH Paper. *Journal of Chemical Education*, 96(10), 2333-2338. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00450>
- Ren, X. (2022). Adopting feminist pedagogy in computer science education to empower underrepresented populations: a critical review. *TechTrends*, 66(3), 459-467. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00728-7>
- Rossi Cordero, A. E. y Barajas Frutos, M. (2015). Elección de estudios CTIM y desequilibrios de género. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 33(3), 59-76. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1481>
- Sarı, U., Pektaş, H. M., Şen, Ö. F. y Çelik, H. (2022). Algorithmic thinking development through physical computing activities with Arduino in STEM education. *Education and Information Technologies*, 27(5), 6669-6689. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10893-0>
- Schwarz, C. V., Ke, L., Salgado, M. y Manz, E. (2022). Beyond assessing knowledge about models and modeling: Moving toward expansive, meaningful, and equitable modeling practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 59(6), 1086-1096. <https://doi.org/10.1002/tea.21770>

- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. y Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632-654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Simarro Rodríguez, C. y Couso Lagaron, D. (2022). Didáctica de la ingeniería: tres preguntas con visión de futuro. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 40(3), 147-164. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3507>
- So, W. W. M., Zhan, Y., Chow, S. C. F. y Leung, C. F. (2018). Analysis of STEM Activities in Primary Students' Science Projects in an Informal Learning Environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(6), 1003-1023. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9828-0>
- Sparks, D. M. (2018). The Process of Becoming: Identity Development of African American Female Science and Mathematics Preservice Teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 29(3), 243-261. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1436359>
- Strat, T. T. S., Henriksen, E. K. y Jegstad, K. M. (2023). Inquiry-based science education in science teacher education: a systematic review. *Studies in Science Education*, 1-59. <https://doi.org/10.1080/03057267.2023.2207148>
- Toma, R. B. y García-Carmona, A. (2021). «De STEM nos gusta todo menos STEM». Análisis crítico de una tendencia educativa de moda. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 39(1), 65-80. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3093>
- Tsai, F.-H., Hsiao, H.-S., Yu, K.-C. y Lin, K.-Y. (2022). Development and effectiveness evaluation of a STEM-based game-design project for preservice primary teacher education. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(5), 2403-2424. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09702-5>
- Windschitl, M., Thompson, J. y Braaten, M. (2008). How Novice Science Teachers Appropriate Epistemic Discourses Around Model-Based Inquiry for Use in Classrooms. *Cognition and Instruction*, 26(3), 310-378. <https://doi.org/10.1080/07370000802177193>

STEM, Programming and Inquiry in Pre-Service Teachers. Evaluation of the iSTEMduino Project

Julio Ballesta-Claver, Raúl Roura Redondo, Carlos Jerez del Valle, M.^a Fernanda Ayllón Blanco
Departamento de Didáctica de las Ciencias. Centro de Magisterio La Inmaculada (CMLI).
Universidad de Granada. Granada (España)
juliosci@cmlí.es, raulroura@cmlí.es, carlosjerez@cmlí.es, mayllonblanco@cmlí.es

STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) is a teaching interdisciplinary approach that makes scientific questions applicable and provides cognitive, procedural and attitudinal benefits, thereby improving academic performance and fostering careers in scientific and technological fields.

However, STEM is difficult to apply in Primary Education due to the lack of preparation of pre-service teachers in engineering and technology at university, together with the negative experiences coming from science and mathematics in earlier stages of education. As a possible solution, the university project iSTEMduino has been proposed, an acronym in which “i” stands for both *inquiry* methodology and *gender inclusivity*, “STEM” refers to the teaching approach and “duino” alludes to the use of *Arduino* and its programming environment. This proposal consists of carrying out a series of activities at two levels: 1) a basic level, where the essential concepts of block programming (Scratch) are tried out interactively to create mathematical probability programs through modelling, and 2) an advanced level, where material from Arduino is used to create a homemade pH meter, two weather stations and a rain and soil moisture sensor, using experimentation (interactivity, sensor assemblies and motherboards) and modelling (design, sensor calibration and programming using Wiring and Tinkercad).

In order to check its effectiveness, a quasi-experimental pretest-posttest design without a control group was carried out, based on a 10-item questionnaire with a 5-point Likert scale, which measured motivations and knowledge of the STEM approach, technological and programming skills, applicability of mathematical and scientific content, as well as opinions on gender and the inquiry methods used: *Inquiry-Based Science Education* (IBSE) and *Model-Based Inquiry* (MBI). An optimal validation of the instrument was carried out in terms of 1) expert content (Kendall's $W = 0.755$, $p < 0.001$), and 2) construct (exploratory factor analysis: $KMO = 0.71$), resulting in three factors: factor 1 (programming, robotics and STEM identity); factor 2 (technological and programming skills), and factor 3 (intervention orientations). What is more, the latter factors had two subcategories: 3.1) gender inclusivity, and 3.2) inquiry methodology (IBSE-MBI). The reliability of the instrument was also ensured by Cronbach's alpha: 1) $\alpha_{\text{pretest}} = 0.68$; 2) $\alpha_{\text{posttest}} = 0.80$.

The project produced a moderate increase in the STEM identity of pre-service teachers and a high improvement on programming skills and the use of sensors (Arduino), thanks to the use of a design-based inquiry methodology. Women's participation was also promoted by offering a social dimension of technology (applicability and use of STEM fields) and by rotating leadership roles in the groups. However, there is still a need to implement activities with examples of outstanding women from the present and the past in the STEM fields, especially for men, in such a way that orientations of feminist computing pedagogy can be adopted. In terms of previous studies (experimental science or social science), they were neither a barrier nor an advantage in terms of motivation, development of STEM learning or technological and programming skills. The use and complementation of inquiry methods (IBSE-MBI) was positively perceived by pre-service teachers, especially those from experimental sciences, who appreciated the importance of modelling.

In conclusion, this project will enable future primary school teachers to learn scientific and mathematical content by developing technological and programming skills through designing, thereby enabling an integrated interdisciplinary approach.