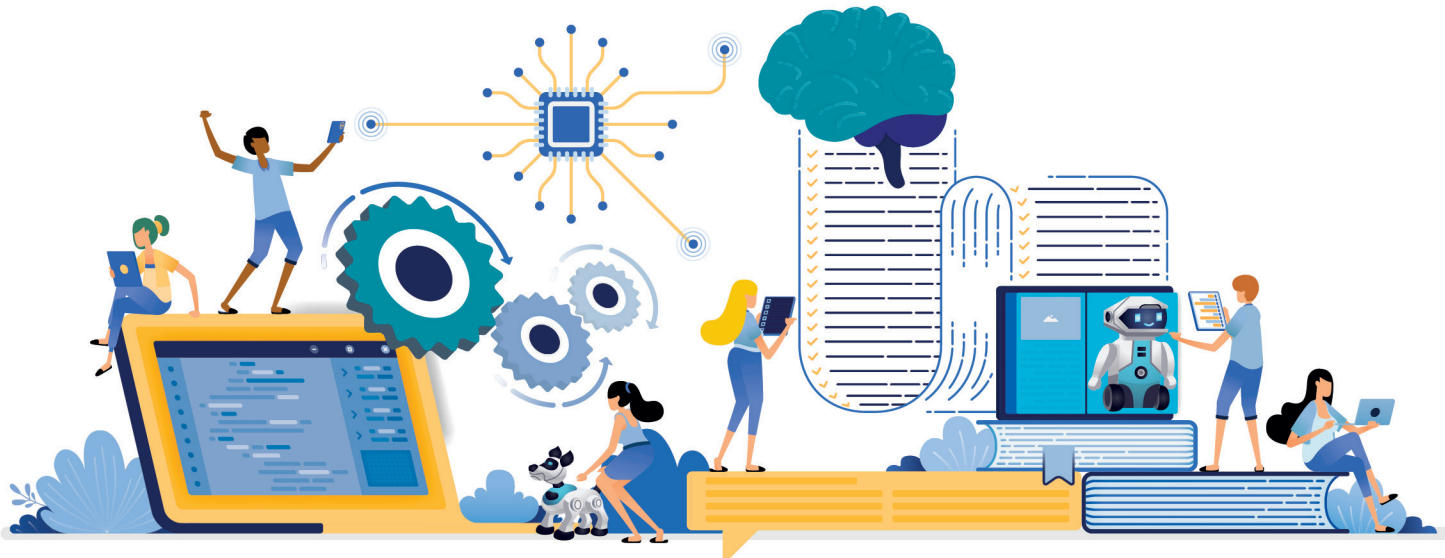
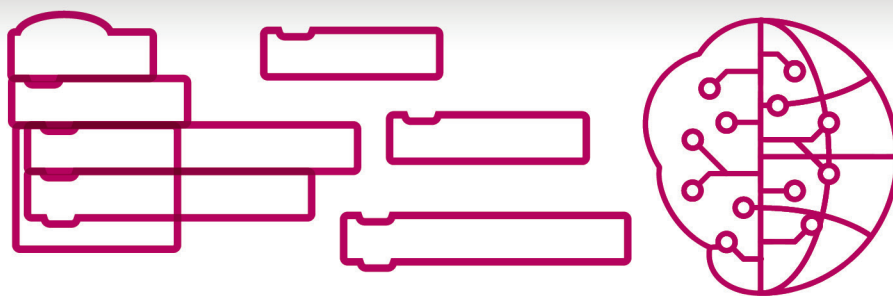
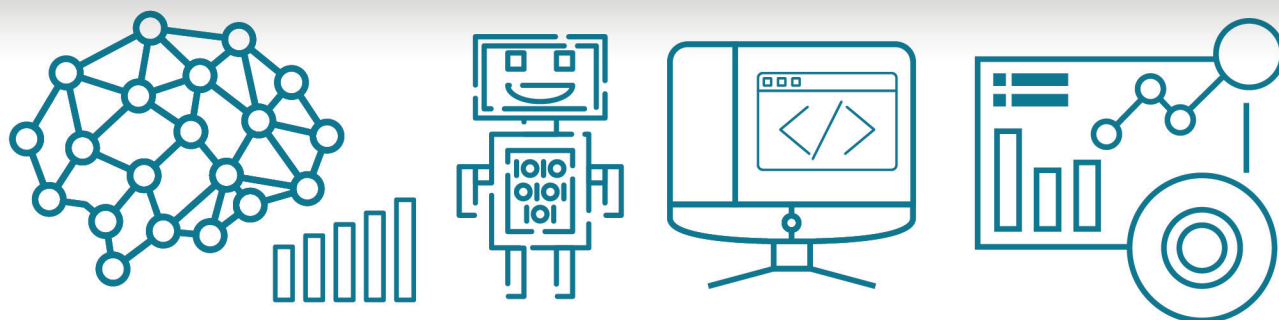




Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial 20/21:

Enfoques y propuestas para su aplicación en el aula. Resultados de la investigación.



Ministerio de Educación y Formación Profesional

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF)

2021



INSTITUTO NACIONAL DE
TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS Y DE
FORMACIÓN DEL PROFESORADO



Edita:

SUBSECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

Subdirección General de Atención al Ciudadano, Documentación y Publicaciones

Edición 2022

NIPO (en línea): 847-21-260-X

Esta obra está licenciada bajo la Licencia Internacional Creative Commons Attribution-Non Commercial-ShareAlike 4.0. Puede ver una copia de la licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.



Titular de derechos: Ministerio de Educación y Formación Profesional. Equipo de investigación: Programamos, Universidad Nacional de Educación a Distancia y Universidad Rey Juan Carlos

Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial 20/21:

Enfoques y propuestas para su aplicación en el aula.
Resultados de la investigación.



Índice

Prólogo	05
Presentación de los investigadores	06
III Edición del proyecto EPCIA	07
Comunidades y ciudades autónomas participantes en el proyecto	09
Introducción a la investigación	10
Informe de resultados del Nivel I del proyecto EPCIA 20/21: actividades sin ordenador	12
Informe de resultados del Nivel II del proyecto EPCIA 20/21: <i>Scratch y Machine Learning for Kids</i>	40
Informe de resultados del Nivel III del proyecto EPCIA 20/21: <i>MIT App Inventor y Machine Learning for Kids</i>	78
Anexo 1. Prueba BTCT. Nivel I	117
Anexo 2. Plantilla de propuesta didáctica	120
Anexo 3. Buenas prácticas EPCIA 20/21	121
Referencias	125

Prólogo

Julio Albalad Gimeno

Director del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF). Ministerio de Educación y Formación Profesional

La sociedad en la que vivimos se enfrenta a continuos cambios, siendo uno de los más significativos la rápida digitalización en la que estamos inmersos desde tiempos recientes. Para aprovechar los enormes beneficios que ofrece, es necesario que avancemos en procesos de actualización y de adaptación. Así lo entendemos desde las Administraciones educativas, y así lo entienden desde las instituciones europeas, trabajando para impulsar la modernización de la sociedad desde distintos ámbitos, entre ellos, el educativo.

Con este objetivo, el Plan de Digitalización y Competencias Digitales del Sistema Educativo del Ministerio de Educación y Formación Profesional hace hincapié en los elementos esenciales para una digitalización completa de la educación: los medios tecnológicos disponibles, la competencia digital de centros, docentes y alumnado, los recursos educativos en formato digital y las competencias digitales avanzadas. Es precisamente este último aspecto el que atiende al desarrollo del pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial y es, en este contexto, desde donde se articula la Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial. A través de este proyecto, que se desarrolla en colaboración con las comunidades y ciudades autónomas, ofrecemos recursos educativos y apoyo a los docentes. Se completa el proyecto con una investigación que nos analiza las evidencias de los posibles beneficios de estas habilidades en el desarrollo y formación de nuestro alumnado, evidencias fundamentales para el ámbito educativo en el momento actual.

Por su parte, la Comisión Europea ha publicado el Plan de Acción de Educación Digital 2021-2027, que incluye entre sus acciones el objetivo de “llevar las clases de programación a todas las escuelas de Europa, en particular aumentando la participación de estas en la *Code Week* de la UE”.

Podemos concluir que los esfuerzos ahora se deben centran en promover que los jóvenes alcancen su máximo desarrollo integral, en un contexto de igualdad de oportunidades, adquiriendo las competencias que les permitirán desenvolverse con garantías en la sociedad global de las próximas décadas. Para ello, es fundamental, no solo que los centros educativos dispongan de los medios tecnológicos necesarios, que son esenciales, sino también que los docentes cuenten con una capacitación acorde con las necesidades de la actividad docente actual y que dé respuesta a las de su alumnado. Estamos formando una nueva generación de alumnos y alumnas que tendrán que convivir, tanto personal como laboralmente, con habilidades propias de este tipo de competencias.

A la vista de los resultados de la investigación que presentamos en esta publicación, no nos cabe duda de que este tipo de proyectos seguirán formando parte de las agendas de las Administraciones educativas, para mejorar las competencias del profesorado y del alumnado, ya que impactan de forma positiva en el impulso para la transformación digital de la educación.

Presentación de los investigadores

En el momento de escribir estas líneas se acaba de aprobar la Recomendación sobre la Ética de la Inteligencia Artificial de la UNESCO, una suerte de declaración universal para el uso de estos sistemas inteligentes que ha sido adoptada por los 193 países que forman parte de la organización.

Este hecho pone de relevancia la importancia de la Inteligencia Artificial en nuestra sociedad, que está impulsando la cuarta revolución industrial que estamos viviendo y que está cambiando el mundo tal como lo conocemos.

Es por ello que consideramos fundamental que la Inteligencia Artificial se trabaje en los centros educativos, de manera que docentes y estudiantes conozcan las oportunidades que ofrece esta tecnología, así como sus riesgos y limitaciones. Y pensamos, honestamente, que el enfoque seguido por la Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial es el ideal, puesto que permite al alumnado acercarse a este mundo de una forma práctica y manipulativa, construyendo sus propios sistemas informáticos inteligentes que solucionan problemas reales de su entorno e interés.

Pero en educación las opiniones siempre deben ir acompañadas de evidencia. Y este es justamente el objetivo de este informe, que trata de medir mediante evidencia empírica la eficacia del modelo seguido en este proyecto en relación al desarrollo de habilidades de pensamiento computacional y la adquisición de conocimientos sobre Inteligencia Artificial por el alumnado participante.

Teniendo en cuenta que en esta edición de la Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial han participado más de 7.000 estudiantes de todas las etapas educativas no universitarias, desde Educación Infantil a Formación Profesional, las lecciones aprendidas pueden ser de gran utilidad para docentes y Administraciones educativas de todo el mundo.

Por parte del equipo de investigación no tenemos más que palabras de agradecimiento hacia el personal del INTEF, responsables educativos de comunidades y ciudades autónomas, y, muy especialmente, para docentes y estudiantes que con su generoso trabajo y esfuerzo han hecho posible esta investigación.

Jesús Moreno León, Marcos Román-González y Gregorio Robles.
*Responsables de los equipos de investigación de Programamos (Nivel I),
la UNED (Nivel II) y la URJC (Nivel III), respectivamente.*

Descripción del proyecto

La Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial (EPCIA) es un proyecto del Ministerio de Educación y Formación Profesional, que se desarrolla en colaboración con las Consejerías y Departamentos de Educación de las comunidades y ciudades autónomas. El objetivo del proyecto es ofrecer recursos educativos abiertos, formación, acompañamiento y evidencias de impacto en las prácticas educativas y en el aprendizaje del alumnado, a fin de impulsar la incorporación del pensamiento computacional en la práctica docente a través de actividades de programación y robótica.

Este proyecto, que está dirigido a docentes de todas las etapas educativas no universitarias y de cualquier materia o especialidad, lanzó su primera edición en el **curso 18/19**, en la que se inscribieron más de 700 docentes que participaron en alguna de estas tres propuestas, dependiendo del nivel educativo en el que impartían docencia:

- Primaria: *Aprende Matemáticas (y mucho más) con el nuevo Scratch 3*
- ESO: *Tecnología creativa con Arduino*
- Bachillerato: *Programación de robots, drones y coches autónomos*

Durante el **curso 19/20** se inscribieron más de un millar de docentes de la práctica totalidad del país para participar en el proyecto. En este caso, la temática se centró en la Inteligencia Artificial, con tres propuestas distintas:

- **Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial sin Ordenador:** para docentes de Educación Infantil de 5 años, 1.º, 2.º y 3.º de primaria.
- **Inteligencia Artificial con Scratch:** para docentes de 4.º, 5.º y 6.º de primaria, 1.º y 2.º ESO.
- **Inteligencia Artificial con App Inventor:** dirigida a docentes de 3.º y 4.º ESO, Bachillerato y FP.

Dada la situación sobrevenida por el estado de alarma, decretado a causa la pandemia por COVID-19, tras la realización de la fase de formación y preparación, no se pudo realizar la implementación de actividades en el aula, que requería en muchos casos de actividad presencial y, en consecuencia, tampoco se pudo completar la investigación.

De este modo, para la III edición desarrollada durante el **curso 20/21**, se ha realizado una reedición de la propuesta del curso anterior, con ligeras modificaciones, de estas actividades, para que las propuestas de los docentes pudieran desarrollar actividades que se pudieran realizar independientemente de forma presencial o a distancia con medios digitales.

Las actividades desarrolladas por los participantes del proyecto se han articulado a través de 2 fases esenciales:

- **Fase 1: Formación y diseño de actividades para el aula.** Esta fase se realizó en línea, a través de la plataforma de formación del INTEF, con el acompañamiento a los participantes de expertos en el pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial, que han mentorizado su aprendizaje.
- **Fase 2: Puesta en práctica,** consistente en el desarrollo de actividades y proyectos en el aula.

Uno de los objetivos de este proyecto es que la formación de los docentes se traslade a las aulas. Por ello, las tareas prácticas con las que el profesorado participante se familiarizó durante la fase de formación estaban diseñadas para ser utilizadas directamente en el aula. De este modo, los docentes de esta edición de la EPCIA han llevado a la práctica, con su alumnado, al menos 5 sesiones de trabajo relacionado con el pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial.

Por último, y en paralelo con la Fase 2, de puesta en práctica, se realizó una **investigación** para medir el impacto del proyecto en el aprendizaje d y en la práctica docente. Esta investigación se ha desarrollado de forma independiente, pero coordinada, en las tres propuestas de la EPCIA: las actividades desconectadas, la programación con bloques (*Scratch*) y el desarrollo de apps con *App Inventor*, estas dos últimas combinadas con *Machine Learning for Kids*.

Son los resultados de esta investigación los que presentamos en este informe.

Comunidades y ciudades autónomas participantes en el proyecto

Este estudio, desarrollado como parte de la tercera edición del proyecto Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial durante el curso 20/21, ha sido posible gracias a la participación de docentes de distintas etapas educativas y materias que han facilitado el desarrollo de esta investigación. Igualmente, el proyecto ha sido posible gracias a la colaboración de los representantes de las Administraciones educativas de las comunidades y ciudades autónomas que se listan a continuación. Nuestro agradecimiento a todos ellos por hacer posible esta publicación.

Andalucía

Aragón

Asturias, Principado de

Illes Balears

Canarias

Cantabria

Castilla y León

Castilla–La Mancha

Cataluña

Comunitat Valenciana

Extremadura

Galicia

Madrid, Comunidad de

Murcia, Región de

Navarra, Comunidad Foral de

Rioja, La

Ciudad de Ceuta

Ciudad de Melilla

Introducción a la investigación

Este documento presenta los resultados obtenidos en la investigación realizada para medir el impacto del proyecto Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial (EPCIA) en los distintos niveles en los que se ha dividido. El Nivel I se centra en el trabajo con actividades desenchufadas, principalmente para primaria. El Nivel II se centra en el trabajo con *Scratch* y *Machine Learning for Kids* e involucra a docentes y alumnado de 4.º de primaria a 2.º de la ESO. Por último, el Nivel III se centra en el trabajo con *MIT App Inventor* y *Machine Learning for Kids (ML4K)* e involucra a docentes y alumnado de 3.º y 4.º de la ESO, Bachillerato, Formación Profesional Básica, Ciclo Formativo de Grado Medio y Ciclo Formativo de Grado Superior.

En el Nivel I, las actividades desenchufadas o desconectadas (*unplugged*) hacen uso de juegos de lógica, vasos, cuerdas, cartas o movimientos corporales, que se utilizan para representar y comprender diferentes conceptos del pensamiento computacional o la Inteligencia Artificial, como los algoritmos o la representación de la información (Bell, Witten y Fellows, 2002).

En los Niveles II y III el alumnado debe reconocer cómo los sistemas informáticos que utilizan en su día a día hacen uso de la Inteligencia Artificial (IA) para percibir el mundo usando sensores, razonar, aprender e interactuar con humanos. Además, los estudiantes deben recapacitar sobre el impacto que la IA puede tener en la sociedad, identificando tanto los efectos positivos como negativos. La manera de lograr estos objetivos es mediante la creación de *software* (programación por bloques con *Scratch* en Nivel II, programación con *MIT App Inventor* para dispositivos móviles para Nivel III), como videojuegos sencillos, que integren soluciones de IA, en especial las de aprendizaje automático (*machine learning*).

En base a las definiciones propuestas por Papert (1980), Wing (2006) y las últimas conclusiones de la literatura científica (Moreno-León, Robles, Román-González y Rodríguez García, 2019), en el marco de este proyecto el pensamiento computacional se define como una habilidad que permite resolver problemas y comunicar ideas aprovechando la potencia que ofrecen los ordenadores. La IA, por su parte, se refiere a los sistemas que muestran comportamiento inteligente analizando su entorno y realizando acciones -con cierto grado de autonomía- para lograr objetivos específicos (Comisión Europea, 2018). Una disciplina, por tanto, que también podría definirse como la ciencia o la ingeniería dedicadas al desarrollo de sistemas que resuelven problemas que requerirían inteligencia si las realizara una persona (Oliver, 2018). Así, puede entenderse que la Inteligencia Artificial se engloba dentro del propio pensamiento computacional, como una estrategia más con la que poder resolver problemas y comunicar ideas.

En consecuencia, si el pensamiento computacional implica aprovechar la potencia de los ordenadores, cabe preguntarse si es posible desarrollar esta habilidad mediante el uso de actividades desenchufadas (Nivel I) y mediante actividades de programación de ordenadores (Niveles II y III). En este sentido, hasta la fecha se han desarrollado investigaciones a pequeña escala que ofrecen conclusiones muy interesantes y prometedoras.

Así, en relación con el Nivel I, un trabajo desarrollado en España proporciona evidencia empírica sobre la efectividad del enfoque desconectado para desarrollar el pensamiento computacional, al menos en sus fases iniciales, demostrando que es posible trabajar esta habilidad en la escuela aunque no se cuente con dispositivos electrónicos, ordenadores o conexión a Internet (Brackmann., Román-González, Robles, Moreno-León, Casali y Barone, 2017). Pero además, un estudio realizado en Países Bajos concluye que las actividades desenchufadas no son solo un recurso con el que trabajar cuando no contemos con conectividad y equipamiento informático, sino que de hecho

parece que el uso temprano de recursos desconectados tiene un impacto positivo en el desarrollo futuro de esta habilidad (Hermans y Aivaloglou, 2017). El uso de actividades desenchufadas para trabajar específicamente la IA es un campo poco investigado, pero ya existen algunos trabajos recientes que apuntan a que este tipo de actividades puede contribuir al aprendizaje de conceptos sobre la IA (Lindner, Seegerer y Romeike, 2019) y el aprendizaje automático (Ossovski y Brinkmeier, 2019), incluso con estudiantes de Educación Primaria (Ho y Scadding, 2019).

En cuanto al Nivel II, en la literatura científica se pueden encontrar ejemplos de la idoneidad de integrar *Scratch* en los últimos cursos de primaria para desarrollar el pensamiento computacional de los estudiantes; y además la posibilidad de hacerlo de manera transversal a varias asignaturas (Sáez-López et al. 2016). A su vez, el informe de la [Escuela de Pensamiento Computacional 18/19](#) (INTEF, 2019) ya demostró la viabilidad de hacer una intervención-implementación masiva a escala nacional con *Scratch*, en este caso para desarrollar no solo el pensamiento computacional, sino especialmente la competencia matemática de los participantes. Hay también estudios que apuntan a la posibilidad de que el alumnado de finales de primaria y comienzos de secundaria son capaces de crear proyectos con *Scratch* y *ML4K*, y que ello redunda además en un aumento de sus conocimientos básicos sobre IA (García et al., 2019). *ML4K* es el acrónimo de *Machine Learning for Kids* y consiste en un sencillo entorno de aprendizaje guiado para entrenar modelos de aprendizaje automático capaces de identificar texto, números o imágenes.

Por último, en relación al Nivel III, se pueden encontrar multitud de ejemplos de enseñanza de *machine learning* en colegios e institutos, tal y como ha sido documentado en una revisión del panorama en este ámbito (Marques et al., 2020). Dentro de estos, hay varios ejemplos de la idoneidad de integrar *MIT App Inventor* con *machine learning*. Así, hay estudios que apuntan a la posibilidad de que el alumnado de secundaria son capaces de crear proyectos de *machine learning* con *MIT App Inventor* (Zhu, 2019), y que ello redunda además en un aumento de sus conocimientos básicos sobre IA (Tang, 2019), o sobre la posibilidad de utilizar la clasificación de espectrogramas de audio con *MIT App Inventor* para facilitar la comprensión de *machine learning* (Bhatia, 2020). Además, varias obras científicas recientes han relacionado explícitamente la IA con el desarrollo del pensamiento computacional (Van Brummelen et al. 2019, Van Brummelen et al., 2019b).

En el marco de este proyecto el pensamiento computacional se define como una habilidad que permite resolver problemas y comunicar ideas aprovechando la potencia que ofrecen los ordenadores. La IA, por su parte, se refiere a los sistemas que muestran comportamiento inteligente analizando su entorno y realizando acciones -con cierto grado de autonomía- para lograr objetivos específicos.

Sin embargo, estos estudios se han realizado con muestras de estudiantes pequeñas, por lo que sus conclusiones deben tomarse con cierta cautela. De este modo, una investigación sobre el impacto de este tipo de actividades, como la realizada en el marco del proyecto EPCIA con una muestra de más de 7.000 estudiantes distribuidos por toda la geografía española, puede ofrecer conclusiones muy relevantes para las comunidades internacionales educativa y científica, puesto que constituye uno de los trabajos más grandes realizados hasta la fecha en todo el mundo para medir el impacto de dichas actividades sobre el pensamiento computacional.

Epcia 20/21

Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial 20/21: ¿es posible trabajar estas habilidades sin ordenador?



Informe de resultados del Nivel I del proyecto EPCIA 20/21: actividades sin ordenador

Descripción del Nivel I	14
Formación recibida	14
Implementación en el aula	15
Ejemplos de actividades	17
La investigación para medir el impacto del proyecto en el Nivel I	19
Instrumentos utilizados en la investigación	20
Test de pensamiento computacional para principiantes	20
Visitas virtuales	21
Cuestionario anónimo al profesorado participante	22
La investigación cuantitativa	23
Características de la muestra de estudiantes y fiabilidad de las mediciones	23
Resultados	24
La investigación cualitativa	28
Características de la muestra de docentes	28
Valoración del impacto del proyecto y consideraciones didácticas	29
Observación del trabajo en el aula	34
Conclusiones	36
Valoración final	38

Descripción del Nivel I

El proyecto de la Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial (EPCIA) consta de tres partes en los tres niveles en los que se ha articulado:

- Formación del profesorado, llevada a cabo entre el 13 de noviembre de 2020 y el 1 de febrero de 2021.
- Implementación de la propuesta didáctica con el alumnado en el aula, llevada a cabo entre el 1 de marzo y el 31 de mayo de 2021.
- Investigación del impacto obtenido a través de cuestionarios, test y visitas virtuales entre marzo y junio de 2021.

Formación recibida

El profesorado participante comenzó su andadura en el proyecto con un curso de formación en red de 30 horas. El curso estuvo compuesto por varios bloques, tal como se detalla a continuación.

El primer bloque introducía a los participantes al concepto de pensamiento computacional y sus principales dimensiones, como son la secuenciación y nociones algorítmicas, el pensamiento lógico, la abstracción y descomposición, el paralelismo y la sincronización mediante eventos, y la representación de la información.

En el segundo bloque se presentaron varias actividades desenchufadas, cada una de ellas contribuyendo al desarrollo de diferentes dimensiones del pensamiento computacional. Las actividades estudiadas incluían las siguientes: “Divide y vencerás”, “Programando robots... ¡humanos!”, “Bailando en bucle”, “Mi propio mando a distancia”, “Cartas lógicas” y “Sobres variables”. Como ejemplo de contenido, la Figura 1 muestra un conjunto de cartas de la actividad “Mi propio mando a distancia”, que permite al alumnado conocer los conceptos de eventos, mensajes y sincronización al tiempo que recita poemas o adivinanzas de manera coral.

En el tercer bloque el profesorado aprendió a analizar actividades desenchufadas valorando su potencial didáctico. En concreto se analiza la actividad *Cody & Roby*¹, un juego “hazlo tú mismo” (DIY) en el que *Roby*, que es un robot, ejecuta instrucciones facilitadas por *Cody*, el programador. La Figura 2 muestra el tablero del juego y las cartas que representan las instrucciones.



Figura 1. Conjunto de cartas de la actividad desenchufada “Mi propio mando a distancia”.

¹ <http://www.codeweek.it/cody-roby-en/>

Durante el cuarto bloque el profesorado aprendió a diseñar sus propias actividades desenchufadas, que conectan con áreas específicas del currículo. Para ello se sigue un marco que guía el proceso de diseño de las actividades, que está basado en el propuesto por Nishida, Kanemune, Idosaka, Namiki, Bell y Kuno (2009).

El curso finalizó con un bloque dedicado a la Inteligencia Artificial, que presenta el marco de enseñanza de la Inteligencia Artificial propuesto por *AI4K12*² (Touretzky, Martin, Seehorn, Breazeal, Posner, 2019) y propone actividades desenchufadas para familiarizarse con algunos de los conceptos fundamentales de este campo.

Para superar este curso de formación de 30 horas el profesorado tuvo que poner en práctica todo lo aprendido a través de la elaboración de una propuesta didáctica con un mínimo de 5 sesiones que, en los meses posteriores, pondría en práctica en su clase con su alumnado durante la fase de implementación.

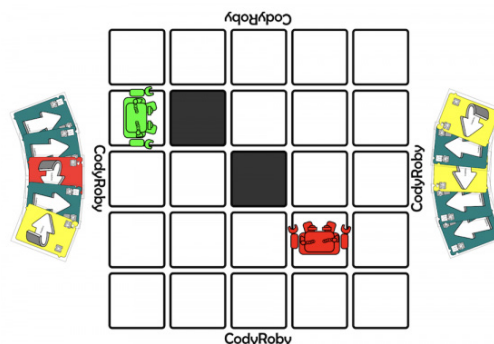


Figura 2. El tablero y las cartas de Cody & Roby.
Fuente: <http://www.codeweek.it/cody-robby-en/>

Implementación en el aula

Aquellos docentes que superaron el curso de formación pudieron continuar con la siguiente fase del proyecto, que consistía en la implementación en el aula de la propuesta didáctica diseñada como actividad final del curso. En total, 119 docentes realizaron la fase de implementación en el aula de forma completa.

La Figura 3 (izquierda) muestra el número de sesiones de las que se componían las propuestas didácticas, tal como fueron diseñadas por el profesorado. Más del 80% de las propuestas contenía 5 ó 6 sesiones. Por su parte, la Figura 3 (centro) muestra el número de sesiones que finalmente pudieron llevarse a cabo. En general este número coincide, ya que, como se muestra en la Figura 3 (derecha), la mayor parte del profesorado pudo implementar todas las sesiones planificadas, y más del 90% de los docentes llevaron a cabo al menos el 80% del trabajo que inicialmente había planificado. Una

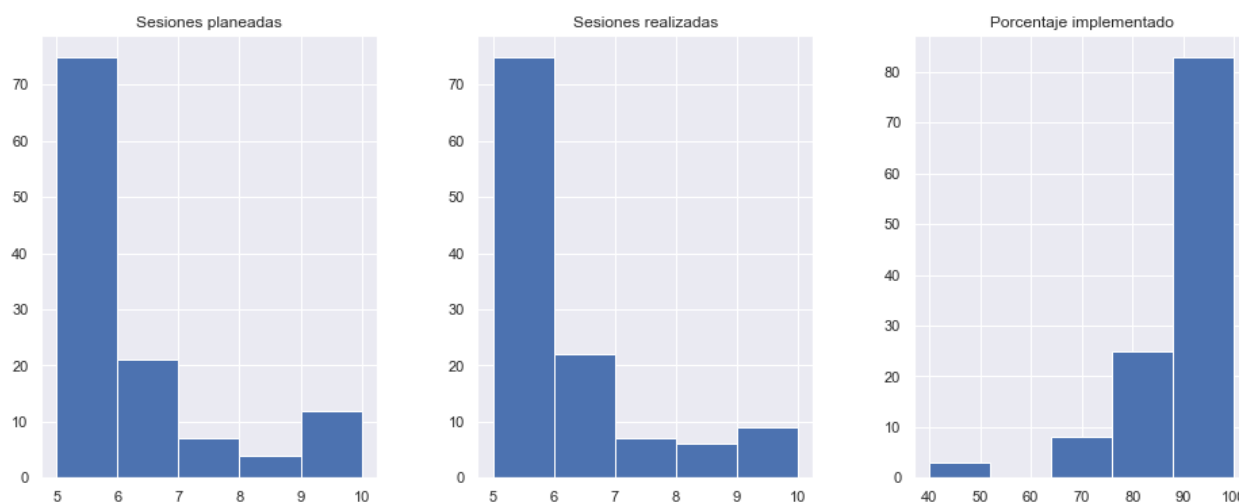


Figura 3. Número de sesiones planeadas por el profesorado (izquierda); número de sesiones finalmente implementadas (centro); porcentaje de sesiones implementadas (derecha).

² <https://ai4k12.org/>

pequeña parte de los docentes, por tanto, tuvieron que recortar su propuesta inicial, pero en ningún caso se desarrollaron propuestas didácticas de menos de 5 sesiones de clase con el alumnado.

Las actividades propuestas, además de contribuir al desarrollo de dimensiones concretas del pensamiento computacional, tenían también que contribuir a la adquisición de contenidos específicos del currículo. Cada docente escogió con qué áreas relacionarlo, lo que se pone de manifiesto en la Figura 4, que muestra las áreas con las que más de un docente ha conectado sus actividades. Las áreas con las que en mayor medida se han conectado las actividades fueron Matemáticas, Lengua, Ciencias Sociales y Ciencias de la Naturaleza, pero existe una gran variedad de propuestas que conectan con multitud de áreas del currículo.

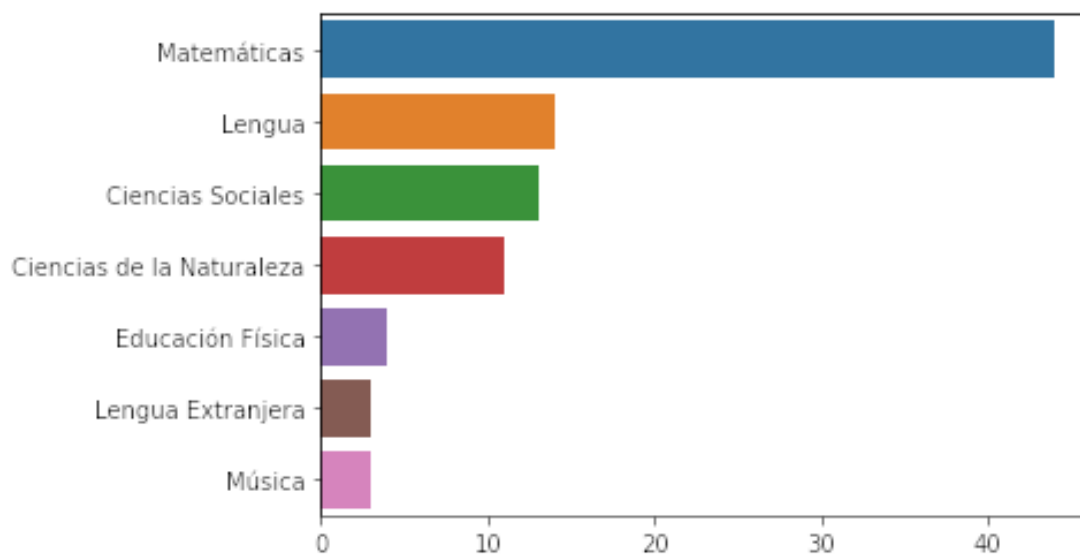


Figura 4. Número de docentes que ha relacionado sus actividades en mayor medida con diferentes áreas del currículo

Las actividades propuestas, además de contribuir al desarrollo de dimensiones concretas del pensamiento computacional, tenían también que contribuir a la adquisición de contenidos específicos del currículo. Cada docente escogió con qué áreas relacionarlo

Esta variedad también se observa en las temáticas concretas de las propuestas, tal como se ilustra en la Figura 5, que es una nube de las palabras más representativas de las secuencias de actividades desarrolladas por el profesorado.

A modo simplemente ilustrativo, a continuación se muestran tres de las actividades desarrolladas por el profesorado. Estas actividades fueron escogidas entre las que el equipo de tutores encargado de la evaluación de la fase de formación calificó con grado “excelente”, y ponen de manifiesto cómo el profesorado, partiendo de una idea similar, es capaz de desarrollar actividades completamente diferentes, que aprovechan los recursos disponibles en su centro, contribuyendo a alcanzar objetivos curriculares de diferentes áreas al tiempo que se trabaja el pensamiento computacional del alumnado.

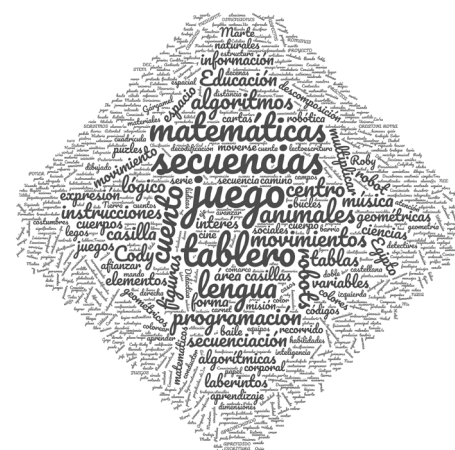


Figura 5. Palabras más representativas de las descripciones de las secuencias de actividades realizadas por el profesorado.

Las tres actividades escogidas ponen de manifiesto cómo el profesorado, partiendo de una idea similar, es capaz de desarrollar actividades completamente diferentes, que aprovechan los recursos disponibles en su centro, contribuyendo a alcanzar objetivos curriculares de diferentes áreas al tiempo que se trabaja el pensamiento computacional del alumnado.

Ejemplos de actividades

Más allá de la selección de buenas prácticas desarrolladas por los docentes participantes en el nivel I de la EPCIA 20/21 que se pueden consultar en el Anexo 3, en esta sección presentamos y comentamos una muestra de estas actividades.

Ejemplo 1: Explorando nuestro sistema solar

Una de las actividades observadas hace uso del pensamiento computacional para trabajar el sistema solar. Se trata de una sesión dirigida a alumnado de 2.º de primaria, con edades comprendidas entre 7 y 8 años.

La sesión comienza visualizando un vídeo de la Agencia Espacial Europea acerca de la luna y sus fases³ en el que se explica el porqué de los eclipses.

Al alumnado se le presenta un reto, pidiéndole que pilote sus naves por el espacio para recopilar información de los planetas del sistema solar. Para ello, el docente ha diseñado un tablero, un conjunto de fichas y tarjetas, así como una infografía, tal como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Recursos gráficos para la actividad “Explorando nuestro sistema solar”

³ <https://youtu.be/MjJxaCBjUQ4>

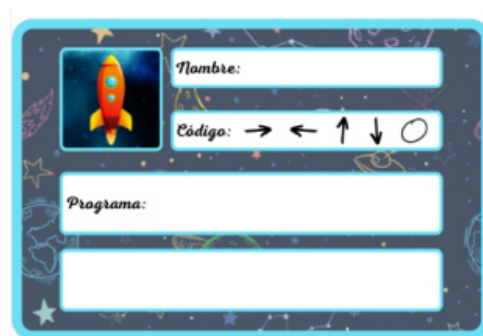


Figura 6. Recursos gráficos para la actividad “Explorando nuestro sistema solar”



Figura 7. Estudiantes desarrollando la actividad “Explorando el sistema solar”. (Fotografía facilitada por el propio docente del colegio).

En concreto, en esta sesión cada jugador debe tomar la ficha de su nave y colocarla en una casilla de salida. También debe disponer en el tablero diferentes planetas, el sol, la luna o un cometa, siguiendo unas instrucciones. Posteriormente, cada estudiante irá construyendo programas en su tarjeta para llegar hasta los elementos del sistema solar. Cuando consigue alcanzarlos tiene que escribir su nombre y algunos datos del elemento en concreto. La Figura 7 muestra a un grupo de estudiantes trabajando en esta actividad.

Ejemplo 2: *Robotic* aprende a jugar al *Pictionary*

Esta actividad está diseñada para alumnado de 3.º de primaria. Aunque se desarrolla en el área de Lengua, se puede prácticamente llevar a cabo en otras áreas como Matemáticas, Educación Física o Artística.

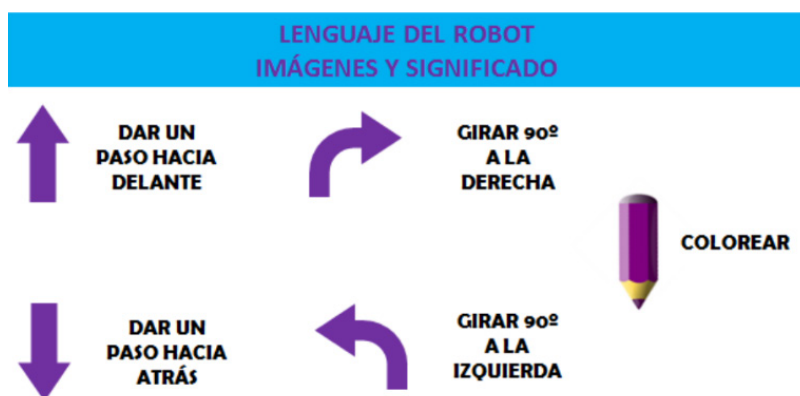


Figura 8. Instrucciones para mover al robot en la actividad “*Robotic* aprende a jugar al *Pictionary*”

La actividad consiste en tomar una serie de instrucciones que permiten a un robot, *Robotic*, desplazarse por un tablero cuadrulado. También se cuenta con una instrucción de colorear, que pintará el recuadro del tablero en el cual se encuentre *Robotic* en ese momento. Estas instrucciones se muestran en la Figura 8.

Así, haciendo uso de dichas instrucciones se debe crear un programa que dibuje una figura pixelada determinada. Posteriormente, se dicta la programación a otro compañero -que no ha visto de qué figura se trata- para que, siguiendo las instrucciones, trate de pintar y adivinar el dibujo oculto.

Además, se puede añadir un grado de mayor dificultad a la actividad añadiendo nuevas instrucciones como “cambio de color a ...” y haciendo que el dibujo sea a color. También se puede adaptar y hacer que las instrucciones sean manipulativas, sacando las instrucciones en tarjetas.

Ejemplo 3: Aprendo a reciclar

Esta actividad se desarrolló con alumnado de 3.º de primaria, y básicamente consiste en una adaptación del juego *Cody & Roby* para trabajar el reciclaje.

Se juega usando como base un tablero de ajedrez, teniendo que salir de un lado para cruzar hasta el otro. Una vez conseguido, la profesora coge al azar una tarjeta de uno de los colores asociados al reciclaje (amarillo, verde, azul, naranja o negro), y los componentes del grupo deben nombrar cinco productos que se pueden recoger en los contenedores de ese color. Si consiguen nombrarlos, tienen que regresar a la salida antes que el resto de grupos.



Figura 9. Estudiantes participando en la actividad “Aprendo a reciclar”. (Fotografías facilitadas por la propia docente del colegio).

Para moverse por el tablero se usan las cartas de *Cody & Roby*. Tal como se muestra en el Figura 9, la sesión observada se desarrolló en el patio, en un tablero gigante de ajedrez con el que el colegio ya contaba. Y en lugar de usar un robot o una ficha, un estudiante de cada grupo desarrollaba la labor de robot, que seguía las instrucciones que le facilitaba el resto de compañeros del grupo, que tomaban el rol de programadores.

La investigación para medir el impacto del proyecto en el Nivel I

El objetivo de la investigación realizada es analizar el impacto de las actividades desenchufadas sobre el desarrollo del pensamiento computacional del alumnado participante en el proyecto.

Para ello, se ha seguido un diseño mixto de investigación que combina medidas cuantitativas y cualitativas. Desde el punto de vista cuantitativo, se ha seguido un diseño solo post-test con dos grupos de estudiantes no aleatorios: el grupo experimental y el grupo de control. Este diseño no realiza una asignación aleatoria de los participantes de la muestra al grupo de control y al grupo experimental. En educación es muy habitual seguir este enfoque, puesto que las investigaciones suelen respetar los grupos de clase ya creados, como es el caso de este estudio. Además, dada la edad del alumnado participante, se decidió usar una única sesión de medición, que tiene un menor impacto en la fatiga del alumnado.

El grupo experimental estuvo compuesto por el alumnado de los centros participantes en el proyecto cuyos docentes habían finalizado completamente la fase de formación y también finalizaron completamente la fase de implementación en el aula. Para formar el grupo de control se contó con la colaboración de los representantes de las Administraciones educativas de las comunidades y ciudades autónomas,

que seleccionaron a docentes que imparten clase en los mismos cursos que los del proyecto, pero que no estaban utilizando actividades desenchufadas en su práctica diaria y que tampoco lo habían hecho durante el curso anterior, para que participaran en el estudio con su alumnado.

El objetivo de la investigación realizada es analizar el impacto de las actividades desenchufadas sobre el desarrollo del pensamiento computacional del alumnado participante en el proyecto.

Una vez finalizada la fase de implementación en el aula en los centros participantes todos los estudiantes, tanto los del grupo experimental como los del grupo de control, realizaron un test que mide del desarrollo del pensamiento computacional -este test se describe en la sección de instrumentos de investigación. De este modo, al poder comparar los resultados del test obtenidos por grupos de estudiantes de las mismas edades, es posible estudiar si el alumnado que ha participado en el proyecto -realizando, por tanto, actividades desenchufadas- desarrolla en mayor medida las capacidades asociadas a su pensamiento computacional que quienes no han realizado estas actividades desenchufadas.

El diseño seguido, no obstante, no permite conocer el nivel de partida del alumnado al no haber realizado una prueba pre-test, previa al comienzo de la intervención. Por eso se consideró muy importante recabar la opinión del profesorado que ha acompañado al alumnado en esta experiencia de aprendizaje y que, en consecuencia, ha podido realizar diferentes tipos de observaciones sobre todo el proceso, algo que puede ser muy valioso para complementar los resultados cuantitativos teniendo en cuenta las limitaciones que el diseño del estudio presenta.

Para ello se utilizó un cuestionario anónimo, con el objetivo de que los docentes contestaran de la forma más sincera posible. Y además se organizó un conjunto de visitas virtuales que permitieron al equipo de investigación seguir en directo la realización de las actividades por el alumnado en algunos de los centros participantes.

Instrumentos utilizados en la investigación

Test de pensamiento computacional para principiantes

Para medir el desarrollo del pensamiento computacional del alumnado se utilizó el Test de Pensamiento Computacional para Principiantes (BCTt, de sus siglas en inglés). Se trata de un instrumento desarrollado por investigadores de la Universidad Rey Juan Carlos y la Universidad Nacional de Educación a Distancia, que consta de 25 preguntas que se dividen en 6 bloques, y cada uno de ellos aborda un tipo diferente de concepto computacional. En el Anexo 1 puede encontrarse un ejemplo de cada uno de los tipos de ítems que componen el BCTt.

EJEMPLO PREGUNTA BLOQUE 1: SECUENCIAS																					
Lleva al pollito con su mamá Recoge la flor por el camino Cuidado con el gato: no pases por su casilla	Marca la secuencia correcta: <table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>→</td> <td>→</td> <td>→</td> <td>↓</td> </tr> <tr> <td>↓</td> <td>↓</td> <td>→</td> <td>↓</td> </tr> <tr> <td>↓</td> <td>→</td> <td>↓</td> <td>→</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>↓</td> <td>→</td> </tr> </tbody> </table>	A	B	C	D	→	→	→	↓	↓	↓	→	↓	↓	→	↓	→			↓	→
A	B	C	D																		
→	→	→	↓																		
↓	↓	→	↓																		
↓	→	↓	→																		
		↓	→																		

Figura 10. Ítem de ejemplo de la prueba BCTt.

La Figura 10 muestra un ejemplo del tipo de preguntas que componen el test. En la esquina superior izquierda aparece el enunciado, que se muestra tanto con un texto como con un conjunto de iconos. En la esquina inferior izquierda se muestra la situación de partida. Y en la esquina inferior derecha aparecen las cuatro opciones disponibles. El alumnado tan solo tiene que marcar cuál es la respuesta que considera correcta.

El *BCTt* es un instrumento que ha sido validado por investigaciones previas para evaluar el desarrollo del pensamiento computacional de estudiantes de las mismas edades que los participantes en el proyecto EPCIA

En relación al procedimiento de administración, el *BCTt* se realiza en un periodo de clase lectiva, disponiendo el alumnado de 45 minutos para contestar las preguntas, a lo que hay que sumar unos minutos de explicación previa sobre la prueba. Es un test que se realiza en papel, por lo que cada estudiante debe disponer de una copia impresa individual de la prueba.

Para que las instrucciones que recibieran los estudiantes antes de realizar el test fueran lo más parecidas posible en todos los centros, se grabó un vídeo⁴ que explica cada uno de los tipos de preguntas del test. Este vídeo se puso a disposición del profesorado para que pudiera proyectarlo en clase justo antes de que el alumnado realizara la prueba, y también se les proporcionó un protocolo de actuación y un documento de respuestas a preguntas frecuentes.

El *BCTt* es un instrumento que ha sido validado por investigaciones previas para evaluar el desarrollo del pensamiento computacional de estudiantes de las mismas edades que los participantes en el proyecto EPCIA (Zapata-Cáceres, Martín-Barroso y Román-González, 2020; Zapata Cáceres y Fanchamps, 2021)

Visitas virtuales

En el planteamiento inicial de la investigación para este Nivel I de la EPCIA se habían incluido visitas presenciales a algunos de los centros participantes, con el objetivo de que el equipo de investigación pudiera observar en primera persona el trabajo de estudiantes y docentes en su entorno habitual. Sin embargo, la situación epidemiológica no permitió que éstas se llevaran a cabo.

Para paliar esta situación se organizaron visitas virtuales, que aunque no ofrecen el mismo grado de información que las visitas presenciales, sí permitieron ver en acción el desarrollo de las actividades con el alumnado en varios centros educativos.

El equipo de investigación, con el acuerdo del INTEF, formó una lista tentativa de centros a visitar, basándose en las evaluaciones realizadas por el equipo de tutores durante la fase de formación. Las visitas se organizaron en colaboración con las comunidades autónomas y se realizaron en aquellos centros que disponían de la infraestructura necesaria para su puesta en marcha y en los que equipos directivos y familias estuvieron de acuerdo con su realización.

Estas visitas virtuales se efectuaron mediante videoconferencias, de forma que el equipo de investigación observó durante unos minutos el desarrollo de una clase en la que se estaba llevando a cabo alguna de las actividades de la propuesta didáctica sugerida por el profesorado. Los investigadores tomaron nota de diferentes cuestiones pedagógicas y metodológicas, pero no se registró ningún tipo de dato personal de los estudiantes, ni se produjo grabación de las imágenes, ni tampoco se tomó ningún tipo de captura o fotografía por parte de los investigadores.

⁴ <https://vimeo.com/544462776/34e6be254a>

En este sentido, se ha trabajado para que todos los datos estuvieran totalmente anonimizados, con el objetivo de garantizar la privacidad absoluta del alumnado. Por ello la tecnología utilizada para las videoconferencias es la ofrecida por la *Free Software Foundation*, que está basada en *Jitsi Meet*, ofrece cifrado extremo a extremo, y cuyos servidores no almacenan ningún tipo de grabación de la voz, el vídeo o los mensajes escritos durante las llamadas⁵.

En concreto, cada actividad visitada virtualmente quedó categorizada en función de los siguientes aspectos: descripción de las actividades realizadas, número de estudiantes participantes, número de docentes en el aula, tamaño del aula, espacios, agrupamientos, materiales y recursos disponibles y utilizados, metodología docente, áreas del currículo a las que contribuye la actividad, y comportamiento del alumnado.

Cuestionario anónimo al profesorado participante

Al finalizar la fase de implementación en el aula el profesorado contestó un cuestionario que se compone de las siguientes preguntas.

- Datos docentes:
 - Sexo
 - Comunidad o ciudad autónoma
 - ¿En qué etapa ejerce usted fundamentalmente su docencia?
 - Años de experiencia docente
 - Antes de la EPCIA 20/21, ¿había utilizado este tipo de actividades desenchufadas en su docencia?
- Impacto del proyecto:
 - ¿El alumnado ha desarrollado su pensamiento computacional como consecuencia de la propuesta didáctica con actividades desenchufadas?
 - ¿Al alumnado le ha resultado divertido realizar las actividades del proyecto?
 - ¿Al alumnado le ha resultado motivador realizar las actividades del proyecto?
 - ¿Al alumnado le ha resultado sencillo realizar las actividades del proyecto?
 - ¿Desarrollar el pensamiento computacional es relevante para el futuro profesional del alumnado?
 - ¿Desarrollar el pensamiento computacional es relevante para el futuro personal del alumnado?
 - ¿Aprender fundamentos de Inteligencia Artificial es relevante para el futuro profesional del alumnado?
 - ¿Aprender fundamentos de Inteligencia Artificial es relevante para el futuro personal del alumnado?
- Recomendaciones didácticas:
 - En términos generales, ¿de qué forma considera que es más adecuado integrar el pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial en el aula?
 - ¿Qué áreas son más adecuadas para integrar la enseñanza-aprendizaje del pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial?

⁵ <https://www.fsf.org/blogs/community/fsf-gives-freedom-respecting-videoconferencing-to-all-associate-members>

- Valoración del proyecto y visión hacia el futuro:
 - Globalmente, ¿cómo valora usted la experiencia de haber participado como docente en la EPCIA 20/21.
 - De cara al próximo curso 21/22 ¿tiene usted previsto volver a aplicar en su docencia lo aprendido a lo largo de la EPCIA 20/21.
 - ¿Qué dificultades y/o resistencias ha encontrado usted durante la implementación en el aula?
 - Si volviera a comenzar ahora con la implementación en el aula, ¿qué cambios y/o mejoras introduciría?

Con el objetivo de que los docentes contestaran de la forma más sincera posible, el cuestionario se realizó de manera anónima.

La investigación cuantitativa

Características de la muestra de estudiantes y fiabilidad de las mediciones

En relación a las características de la muestra de estudiantes, tal como se recoge en la Tabla 1, en la investigación han participado 2.580 estudiantes, que realizaron el *BCTt* bajo la supervisión de un docente.

De ellos, 1.824 formaban parte del grupo experimental y 756 del grupo de control. En el grupo experimental hubo estudiantes de 116 centros educativos, que provienen de las 18 comunidades y ciudades autónomas participantes en el proyecto. En el grupo de control, por su parte, se contó con estudiantes de 43 centros educativos de 6 comunidades autónomas, la Ciudad Autónoma de Ceuta e incluso un colegio español situado en un país europeo, que pertenece a la red de centros de la Acción Educativa Exterior (AEE) del Ministerio de Educación y Formación Profesional. Se trata, por tanto, de una muestra muy grande y verdaderamente variada geográficamente.

En la Tabla 1 también se muestra la distribución por cursos, siendo 3.º de primaria e infantil 5 años los cursos con mayor número de estudiantes participantes.

Tabla 1. Número de estudiantes de cada grupo y curso participante.

	Experimental	Control	Total
Infantil 5 años	595	105	700
1.º primaria	327	187	514
2.º primaria	349	290	639
3.º primaria	553	174	727
Total	1824	756	2580

Hay que tener en cuenta que se estableció un conjunto de criterios de cara a la inclusión de los datos en el estudio. Así, para el profesorado del grupo experimental los criterios fueron los siguientes:

- Haber completado con éxito la formación en línea.
- Haber diseñado una propuesta didáctica de acuerdo a los criterios establecidos.
- Haber implementado la propuesta didáctica con el alumnado y dejado constancia de su desarrollo y resultado.
- Responder a los cuestionarios de valoración docente.

Por su parte, los criterios para el grupo de control fueron los siguientes:

- Haber sido seleccionado por su administración educativa para participar en la investigación.
- No haber desarrollado con el alumnado actividades desenchufadas para trabajar el pensamiento computacional durante el curso presente ni el anterior.

Y en ambos casos, además, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios con respecto a la propia hoja de comunicación de datos utilizada para enviar la información:

- Indicar el curso del alumnado que responde la prueba.
- Incluir sin ambigüedad la respuesta seleccionada por cada estudiante para cada uno de los ítems de la prueba.

“En la investigación del nivel I de la EPCIA 20/21 han participado 2.580 estudiantes, de los que 1.824 formaban parte del grupo experimental y 756 del grupo de control. En total, se involucró a 159 centros educativos de 18 comunidades y ciudades autónomas”

Por otro lado, para poder valorar si las mediciones realizadas mediante el *BCTt* son fiables, se ha medido la fiabilidad como consistencia interna (Alfa de Cronbach), que es un coeficiente que se utiliza precisamente para comprobar la fiabilidad de una escala de medida a partir de las variables observadas. En nuestro caso, las variables observadas serían cada uno de los ítems del *BCTt* (es decir, cada una de las preguntas que debe contestar el alumnado). El Alfa de Cronbach ofrece, por tanto, una media ponderada de las correlaciones entre cada uno de los ítems que forman el *BCTt*.

El valor obtenido para toda la muestra es de $\alpha=0,867$, que puede considerarse como un valor ‘bueno’ y que evidencia el hecho de que esta prueba está diseñada específicamente para estudiantes de estas edades. El valor obtenido para el grupo experimental es $\alpha=0,871$, mientras el del grupo de control es $\alpha=0,858$, valores ‘buenos’ en ambos casos.

El valor obtenido para toda la muestra es de $\alpha=0,867$, que puede considerarse como un valor ‘bueno’ y que evidencia el hecho de que esta prueba está diseñada específicamente para estudiantes de estas edades.

Resultados

Los resultados obtenidos por el alumnado en el grupo experimental y en el grupo de control se resumen en la Tabla 2 que muestra la puntuación media que los estudiantes de cada grupo obtuvieron en el *BCTt*, así como la desviación típica -que indica si los datos están agrupados cerca de la media-, los valores mínimo y máximo, y los cuartiles, que dividen el conjunto de datos ordenados en cuatro partes iguales. Estos valores permiten que nos hagamos una idea general de las características de los resultados de cada grupo, en concreto en cuanto a su tendencia central (media) y su dispersión (desviación típica, mínimo, máximo y cuartiles). Debe recordarse que el *BCTt* consta de 25 ítems y que, en consecuencia, la puntuación en la prueba puede variar de 0 a 25 puntos.

Tabla 2. Puntuación media, desviación típica, valores mínimo y máximo, y cuartiles del grupo experimental y del grupo de control.

		Experimental	Control
Puntuación media		17,465	17,170
Desviación típica		5,205	5,056
Puntuación mínima		0	3
Cuartiles	25%	14	14
	50%	18	18
	75%	22	21
Puntuación máxima		25	25

Tal como puede verse, la puntuación media es mayor en el grupo experimental que en el grupo de control. Sin embargo, esta comparativa no resulta de gran utilidad, puesto que en el estudio han participado un número diferente de estudiantes de cada uno de los cursos. Así, podemos presumir que sería esperable que el grupo que tuviera estudiantes de mayor edad obtuviera también mayores puntuaciones. Por consiguiente, se procede a estudiar las puntuaciones obtenidas separando al alumnado no solo por grupo, sino también por curso.

Tal como puede observarse en la Tabla 3, tanto en el grupo experimental como en el grupo de control la puntuación media crece al tiempo que lo hace también la edad del alumnado. Estos resultados indican que las mediciones realizadas con el *BCTt* van en la línea adecuada, puesto que el pensamiento computacional es una aptitud cognitiva (Moreno-León, Román-González y Robles, 2018) y, como tal, influida madurativamente.

Tabla 3. Puntuación media y desviación típica de cada grupo y curso.

	Experimental		Control	
	Media	Desviación típica	Media	Desviación típica
Infantil 5 años	14,314	5,291	12,657	5,037
1.º primaria	15,559	4,856	14,844	4,031
2.º primaria	19,352	3,715	18,606	4,386
3.º primaria	20,792	3,245	20,000	4,123

Estos resultados se han representado gráficamente en la Figura 11, que presenta un diagrama de cajas para cada uno de los grupos y cursos. En esta Figura aparece representada la mediana -que es la puntuación que ocupa la posición central si se ordenan las puntuaciones de todos los estudiantes, y que en la figura es la línea horizontal en el medio de la caja-, los cuartiles de los datos, y los valores atípicos de cada grupo, señalados como círculos. La progresión entre cursos, tanto en el grupo experimental como en el de control, se ve claramente reflejada, puesto que las puntuaciones medianas son cada vez más cercanas a 25.

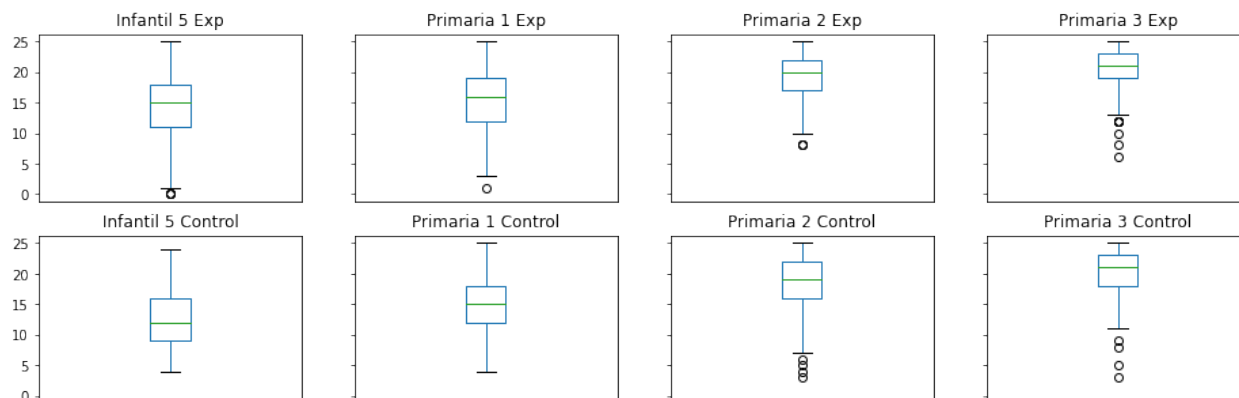


Figura 11. Diagramas de cajas de cada grupo y curso participante. Arriba, grupo experimental. Abajo, grupo de control.

Tanto en la Tabla 3 como en la Figura 11 también se observa que para cada uno de los cuatro cursos, el alumnado del grupo experimental obtiene mayores puntuaciones que el alumnado del grupo de control, lo que indica que ha desarrollado en mayor medida su pensamiento computacional. Pero, aunque es evidente que existe una diferencia a favor del grupo experimental en los cuatro cursos participantes, para estimar si esta diferencia es estadísticamente significativa -es decir, que no se debe al azar sino al efecto de haber participado en el proyecto, aunque con las limitaciones inherentes al diseño de investigación seguido- es necesario realizar algunas comprobaciones.

En primer lugar se comprueba si las puntuaciones siguen una distribución normal⁶ -también llamada distribución de Gauss, o gaussiana-, con la clásica forma acampanada. Tal como se observa en la Figura 12, este no parece ser el caso para ninguno de los cursos y grupos.

Los gráficos Q-Q⁷, o gráficos cuantil-cuantil, también parecen indicar que las puntuaciones no siguen una distribución normal, tal como se muestra en la Figura 13, puesto que los cuantiles de la muestra (señalados con puntos azules) no siguen una línea recta (marcada en rojo), apreciándose desviaciones sustanciales de la linealidad.

Para confirmarlo se utiliza el Test de Shapiro-Wilk⁸, una prueba que permite comprobar si un conjunto

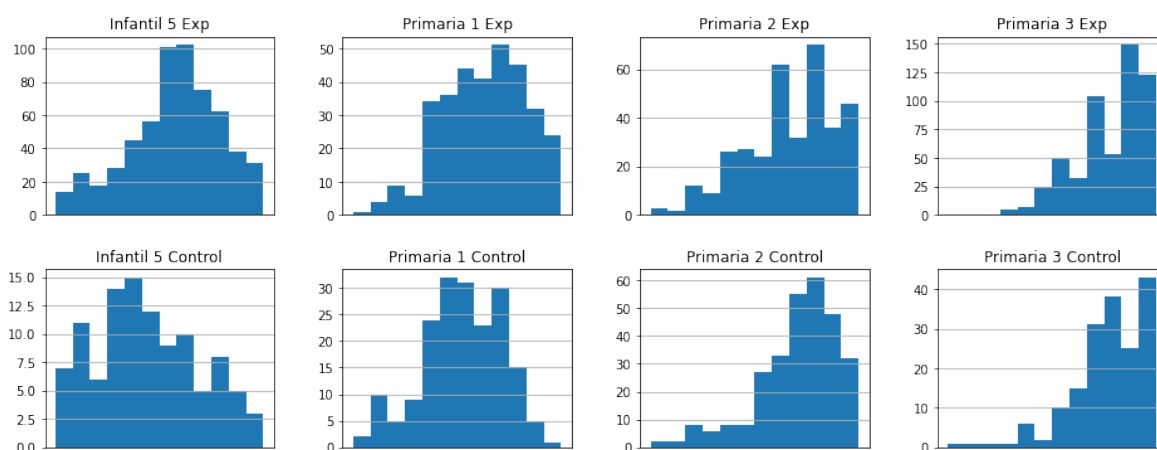


Figura 12. Histogramas de cada grupo y curso participante. Arriba, grupo experimental. Abajo, grupo de control.

de datos sigue una distribución normal. Para todos los cursos y grupos el p-valor obtenido es menor que 0,05, tal como se muestra en el Tabla 4, por lo que se concluye que los datos no provienen de una distribución gaussiana.

6 https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_normal

7 https://es.wikipedia.org/wiki/Gr%C3%A1fico_Q-Q

8 https://es.wikipedia.org/wiki/Test_de_S Shapiro%E2%80%93Wilk

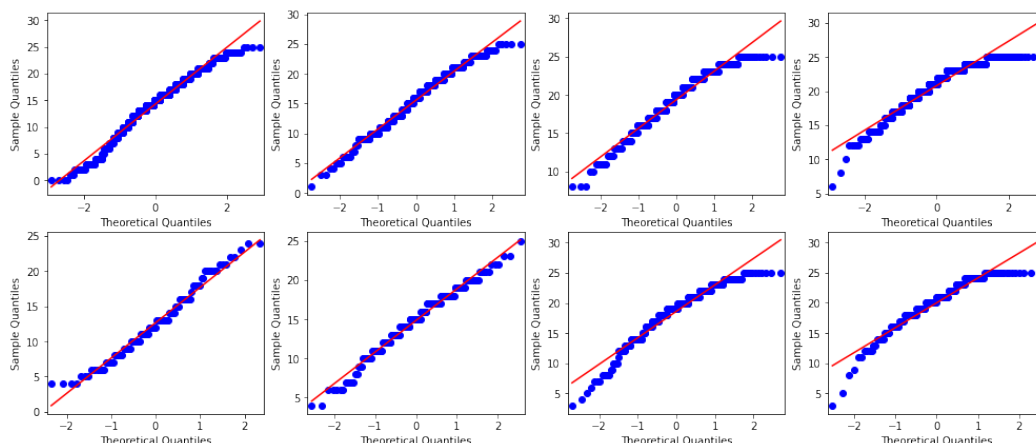


Figura 13. Gráficos Q-Q (Cuantil-Cuantil) de cada grupo y curso participante. Arriba, grupo experimental. Abajo, grupo de control.

Tabla 4. Resultados de la prueba Shapiro–Wilk para cada curso y grupo participante.

	Experimental		Control	
	Estadística	p-valor	Estadística	p-valor
Infantil 5 años	0,9762	$3,0317e^{-08}$	0,97272	0,0289
1.º primaria	0,9823	0,0004	0,9818	0,0156
2.º primaria	0,9579	$1,8784e^{-08}$	0,9335	$4,1085e^{-10}$
3.º primaria	0,9224	$2,8876e^{-16}$	0,9120	$1,0382e^{-08}$

La mejora detectada a favor del grupo experimental no debe atribuirse al azar, sino que podría atribuirse a su participación en el proyecto y, por consiguiente, a la realización de las actividades desenchufadas.

Por tanto, como las puntuaciones no siguen una distribución normal, para comprobar si la diferencia detectada es estadísticamente significativa hay que utilizar una prueba no paramétrica. En concreto se ha usado la prueba U de Mann-Whitney⁹, ya que permite comprobar la heterogeneidad de dos muestras independientes.

Tal como puede verse en la Tabla 5, la diferencia es estadísticamente significativa en todos los niveles -puesto que el p-valor es menor que 0,05 en todos los casos-, y es especialmente significativa en infantil 5 años. Estos resultados, por consiguiente, indican que la mejora detectada a favor del grupo experimental no debe atribuirse al azar, sino que podría atribuirse a su participación en el proyecto y, por consiguiente, a la realización de las actividades desenchufadas.

Tabla 5. Resultados de la prueba Wilcoxon–Mann–Whitney para cada curso.

	Estadística	p-valor
Infantil 5 años	24589,5	0,0002
1.º primaria	27683,5	0,0368
2.º primaria	46677,0	0,0449
3.º primaria	43836,5	0,0376

⁹ https://es.wikipedia.org/wiki/Prueba_U_de_Mann-Whitney

Por último, para medir el alcance del impacto del proyecto sobre el desarrollo del pensamiento computacional del alumnado se calcula el “tamaño del efecto” (d) siguiendo las recomendaciones de Morris (2007) sobre cómo estimar el tamaño del efecto en diseños que incluyen grupo de control.

Así, tal como se muestra en la Tabla 6, para infantil 5 años se obtiene un valor de Cohen's $d = 0,315$; en 1.º primaria el valor obtenido es Cohen's $d = 0,156$; en 2º, Cohen's $d = 0,185$; mientras que en 3.º el valor es de Cohen's $d = 0,228$.

Tabla 6. Tamaño del efecto para cada curso.

	Cohen's d
Infantil 5 años	0,315
1.º primaria	0,156
2.º primaria	0,185
3.º primaria	0,228

Estos valores, de acuerdo con Cohen (1988), implican que se pueden atribuir a las actividades desenchufadas realizadas en el marco del proyecto un efecto positivo sobre el desarrollo del pensamiento computacional del alumnado, aunque el tamaño del efecto es pequeño. Ahora bien, cabe recordar que este efecto, o fuerza, se ha alcanzado tras solo 5 ó 6 sesiones de trabajo en la mayoría de los casos.

Un aspecto interesante, que podría dar pie a futuras investigaciones, es el hecho de que los resultados indican que el alumnado que parece haberse beneficiado en mayor medida del proyecto ha sido el de infantil 5 años, puesto que el tamaño del efecto ha sido el más grande de todos los cursos, y la diferencia a favor del grupo experimental ha sido especialmente significativa en este curso.

Se pueden atribuir a las actividades desenchufadas realizadas en el marco del proyecto un efecto positivo sobre el desarrollo del pensamiento computacional del alumnado.

La investigación cualitativa

En esta sección se incluye un análisis de las respuestas que el profesorado del grupo experimental facilitó al contestar el cuestionario anónimo que se realizó a la finalización del proyecto, tras haber completado tanto la fase de formación como la fase de implementación en el aula.

Características de la muestra de docentes

119 docentes finalizaron completamente las fases de formación e implementación en el aula y rellenaron este cuestionario. En relación a las características de la muestra, 48 docentes son de la etapa infantil, mientras que 71 son de primaria. Además, 95 docentes son mujeres, mientras que 22 son hombres y 2 prefieren no contestar a esta pregunta.

Al respecto de la experiencia docente, la Tabla 7 muestra diferentes rangos de experiencia y el número de docentes que acumulan cada uno de los rangos. Alguien ajeno al mundo educativo podría pensar

que a este tipo de proyectos se apuntarían mayoritariamente personas jóvenes con poca experiencia docente, pero tal como puede comprobarse en la Tabla 7, este no es el caso. Existen docentes representados en todos los rangos de experiencia; el rango con mayor número de docentes es el de 11 a 15 años de experiencia; e incluso se cuenta con 5 docentes que acumulan más de 30 años de experiencia y que, en consecuencia, deben encontrarse cercanos a su fecha de jubilación.

Tabla 7. Años de experiencia docente del profesorado participante en el proyecto

Años de experiencia docente	Número de docentes
1-5	24
6-10	15
11-15	26
16-20	22
21-25	18
26-30	9
>30	5

En cuanto a la experiencia previa específica sobre actividades desenchufadas, algo más del 70% de los docentes participantes no tenía ninguna experiencia previa trabajando con este tipo de actividades en el aula. Solo 35 de los 119 habían tenido algún tipo de experiencia previa con este tipo de actividades sin ordenador.

En relación a la distribución del profesorado por comunidades y ciudades autónomas, mostrada en la Figura 14, las comunidades autónomas con mayor número de docentes participantes en este cuestionario son la Comunidad de Madrid (13,4%), Illes Balears (11,8), Cataluña (9,2%), Cantabria (8,4%) y Galicia (7,6%).

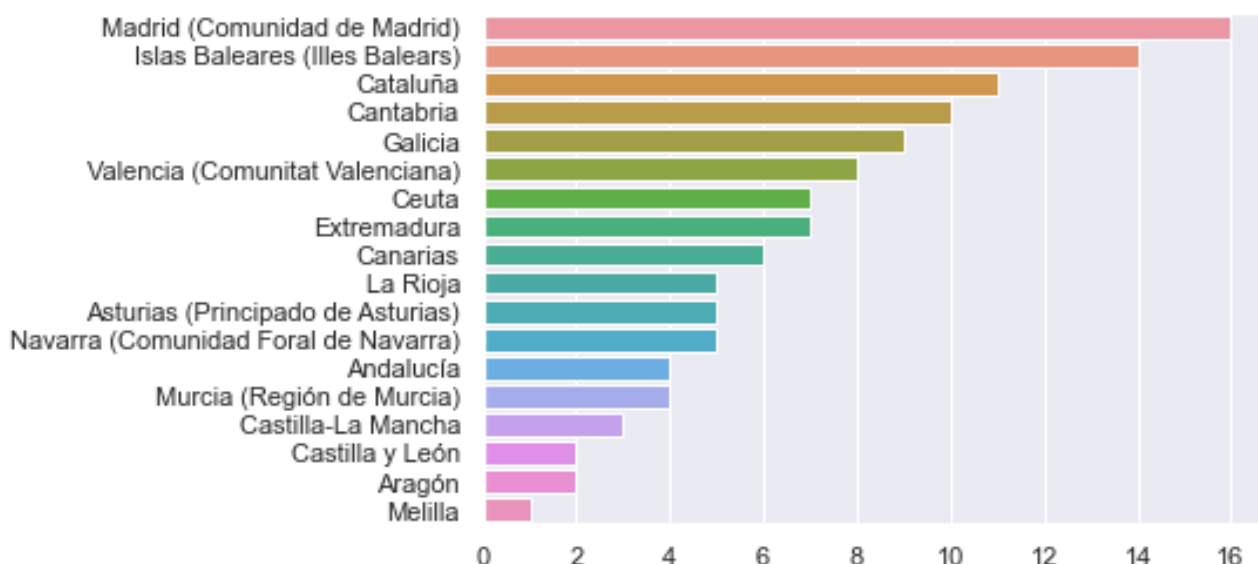


Figura 14. Número de docentes participantes por comunidades y ciudades autónomas

Valoración del impacto del proyecto y consideraciones didácticas

Algunas de las preguntas del cuestionario estaban destinadas a recoger la opinión del profesorado en relación a los beneficios encontrados tras la implementación de las propuestas didácticas. Así, la Figura 15 muestra la opinión del profesorado respecto a si el alumnado ha desarrollado sus habili-

dades de pensamiento computacional al llevar a cabo las actividades del proyecto. Como puede verse, el 100% del profesorado ha valorado esta afirmación con 5 o más puntos; y el 93,3% lo hace con 7 o más puntos. La puntuación media es de 8,34 sobre 10, con una desviación típica de 1,24.

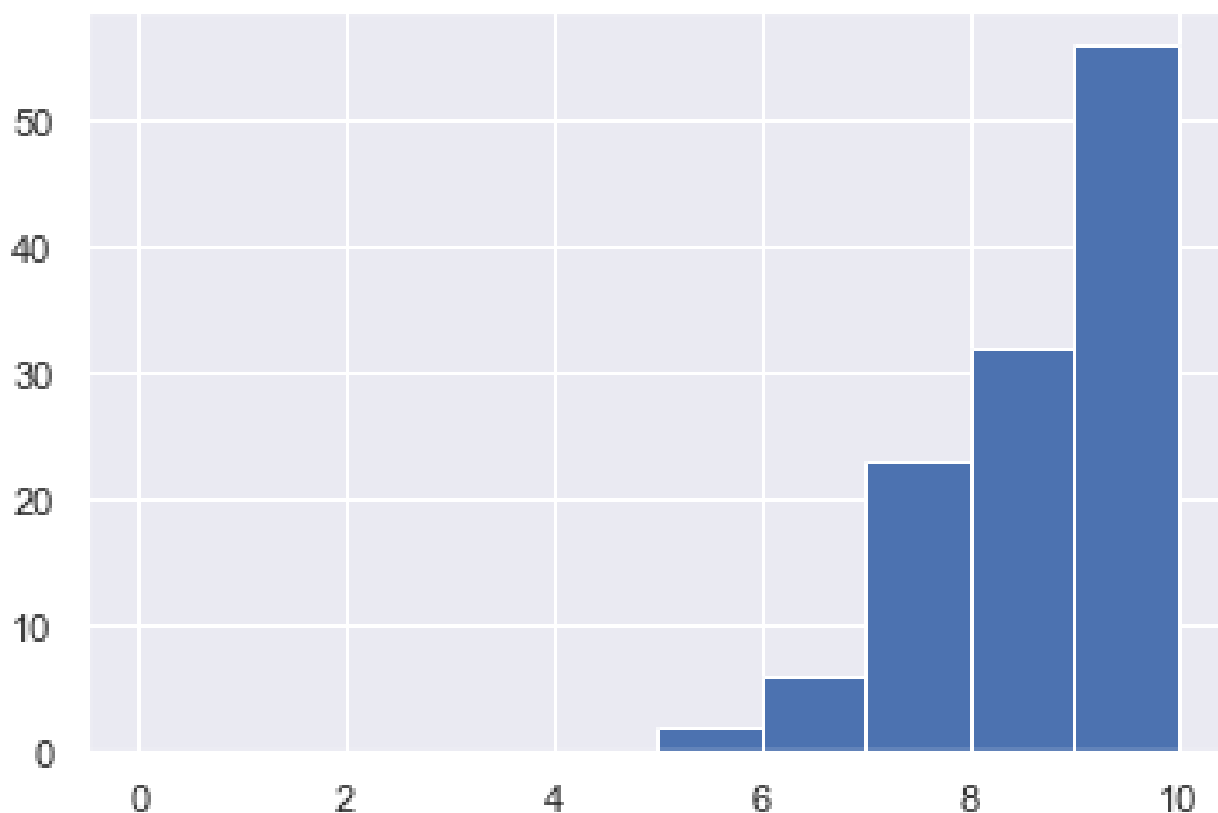


Figura 15. Número de docentes que está de acuerdo con la siguiente afirmación: "El alumnado ha desarrollado su pensamiento computacional como consecuencia de la unidad didáctica con actividades desenchufadas". En la escala 0 representa "nada de acuerdo" y 10 representa "totalmente de acuerdo".

La Figura 16, por su parte, muestra las respuestas a las preguntas sobre si se considera que al alumnado le ha resultado divertido (izquierda), motivador (centro) y sencillo (derecha) realizar las actividades del proyecto. La inmensa mayoría del profesorado lo considera así, tal y como puede verse en las imágenes de la Figura 16.

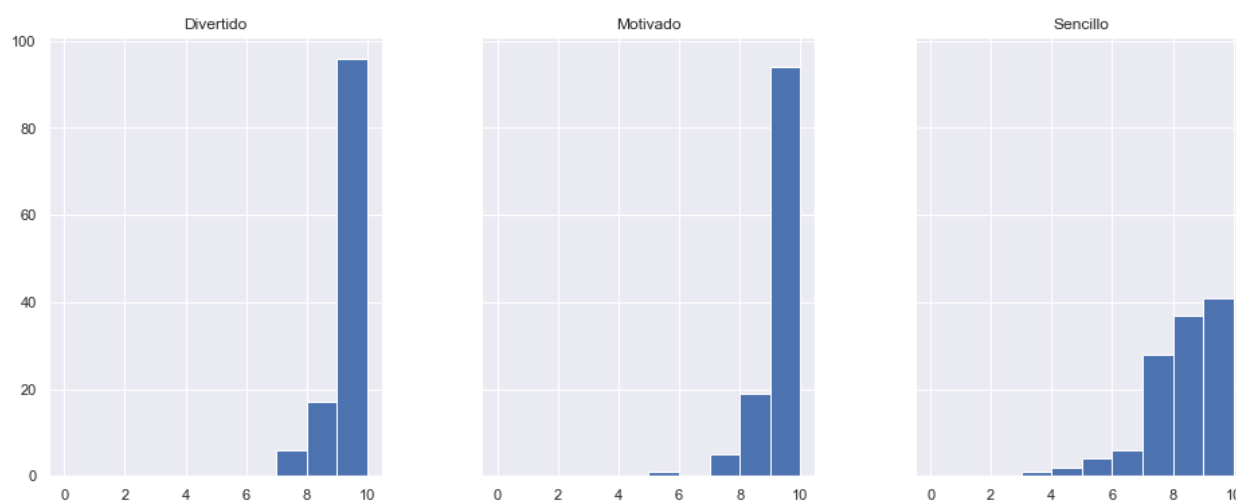


Figura 16. Número de docentes que considera que al alumnado le ha resultado divertido (izquierda), motivador (centro) y sencillo (derecha) realizar las actividades del proyecto. En la escala 0 representa "nada de acuerdo" y 10 representa "totalmente de acuerdo".

Con respecto a la facilidad con la que el alumnado ha realizado las actividades, se observa que hay una mayor diversidad de opiniones. En consecuencia, para comprobar si el profesorado de infantil y primaria tiene opiniones diferentes al respecto, la Figura 17 muestra las respuestas obtenidas por nivel educativo.

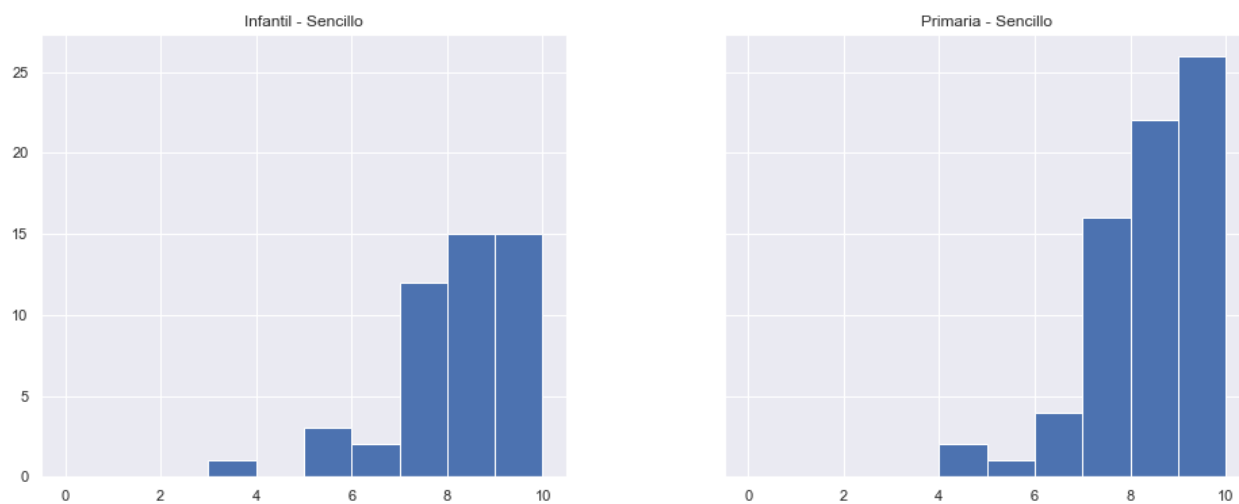


Figura 17. Número de docentes que considera que al alumnado de infantil (izquierda) y primaria (derecha) le ha resultado sencillo realizar las actividades del proyecto. En la escala 0 representa "nada de acuerdo" y 10 representa "totalmente de acuerdo".

Aunque la distribución es algo diferente, lo cierto es que las puntuaciones medias a esta pregunta son muy similares en los dos niveles educativos. Así, en infantil la puntuación media es 7,81 (con desviación típica 1,48), mientras que en primaria la puntuación media es 7,97 (desviación típica 1,31), por lo que no se observan grandes diferencias al respecto.

También se pregunta al profesorado si considera que el pensamiento computacional es útil para el futuro profesional del alumnado (Figura 18, izquierda) y si lo es también para su futuro personal como ciudadanos (Figura 18, derecha). Y estas mismas preguntas sobre la utilidad para el futuro del alumnado se realizaron también con respecto a la Inteligencia Artificial (Figura 19). Puede comprobarse que muy mayoritariamente el profesorado considera que, en efecto, estas habilidades y conocimientos serán de utilidad tanto desde el punto de vista laboral como personal.

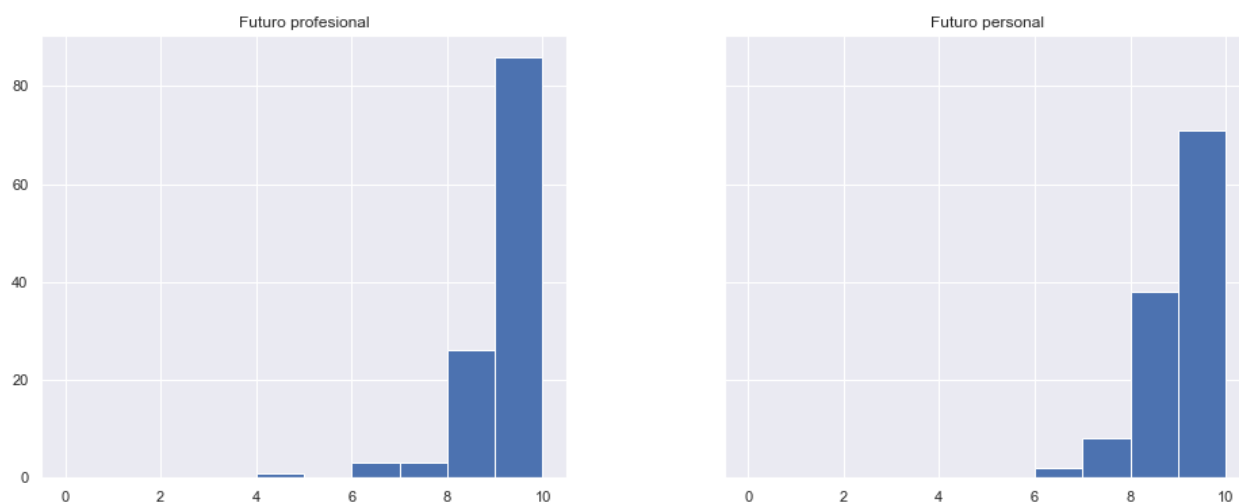


Figura 18. Número de docentes que considera que desarrollar el pensamiento computacional es relevante para el futuro profesional (izquierda) y personal (derecha) de su alumnado. En la escala 0 representa "nada de acuerdo" y 10 representa "totalmente de acuerdo".

El profesorado considera que, en efecto, estas habilidades y conocimientos serán de utilidad tanto desde el punto de vista laboral como personal.

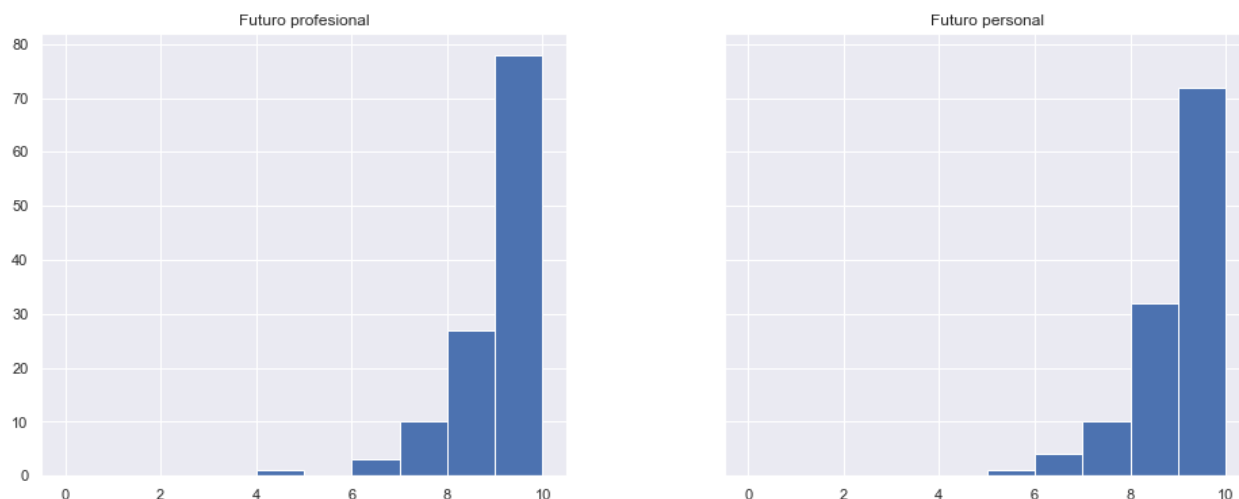


Figura 19. Número de docentes que considera que aprender fundamentos de Inteligencia Artificial es relevante para el futuro profesional (izquierda) y personal (derecha) de su alumnado. En la escala 0 representa "nada de acuerdo" y 10 representa "totalmente de acuerdo".

Por otro lado, algunas de las preguntas de los cuestionarios trataban de recoger la opinión del profesorado en cuanto a estrategias didácticas, que pudieran servir como recomendaciones para la integración de este tipo de actividades desenchufadas que trabajan el pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial.

Así, la Figura 20 muestra que el 95% de los docentes participantes considera que es más adecuado integrar estas habilidades de forma transversal a varias áreas, mientras que solo un 5% piensa que es más adecuado enseñarlas a través de un área concreta.

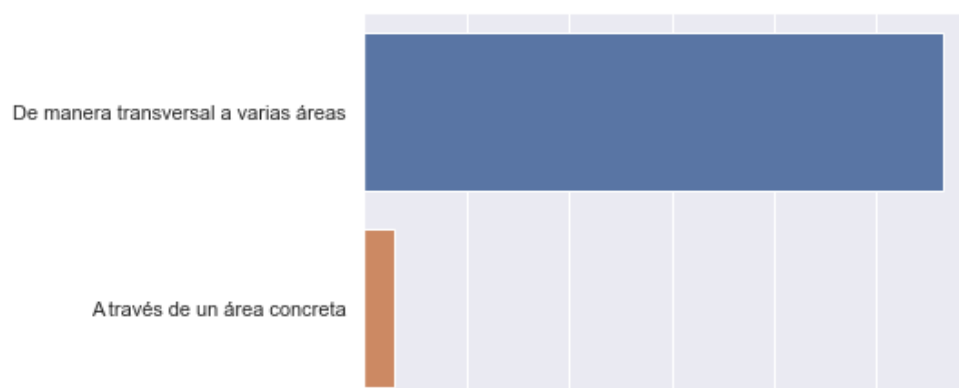


Figura 20. Número de docentes que, en términos generales, considera que es más adecuado integrar el pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial en el aula de manera transversal a varias áreas o a través de un área concreta.

En cuanto a qué áreas son adecuadas para integrar la enseñanza-aprendizaje del pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial, el área de Matemáticas destaca por encima de todas, cuya pertinencia fue valorada con una puntuación media de 9,48 puntos sobre 10. A continuación, aparecen también como áreas muy adecuadas Lengua (8,52), Ciencias Naturales (8,32), Ciencias Sociales (8,31), Plástica (8,25), Educación Física (8,21) y Música (7,85). Por el contrario el área menos adecuada, en opinión del profesorado participante, parece ser Religión, que fue valorada tan solo con 5,35 puntos.

Para terminar la encuesta se planteaban varias preguntas encaminadas a recoger la opinión del profesorado sobre el propio proyecto, las dificultades encontradas e ideas de cara al futuro.

En relación a la valoración global de la experiencia del profesorado en el proyecto, la valoración media es de 8,77 puntos sobre 10, con un 97,5% del profesorado valorando la experiencia con 7 o más puntos (Figura 21).

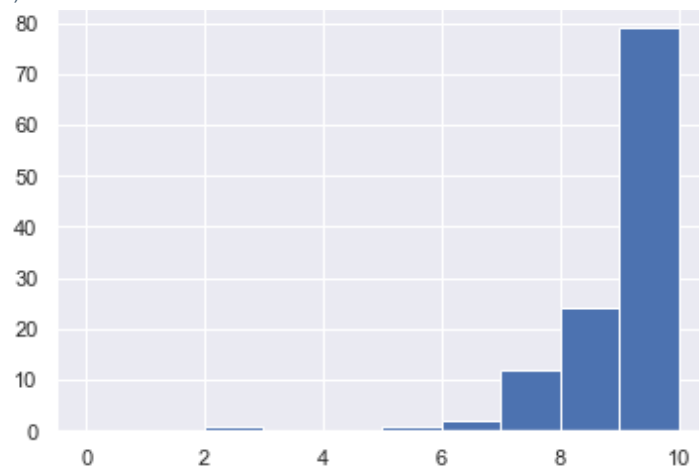


Figura 21. Valoración global del profesorado de la experiencia de haber participado como docente en la EPCIA 20/21. En la escala 0 representa una valoración pésima y 10 representa una valoración excelente. El eje vertical indica el número de docentes que seleccionan cada puntuación.

En relación a la valoración global de la experiencia del profesorado en el proyecto, la valoración media es de 8,77 puntos sobre 10, con un 97,5% del profesorado valorando la experiencia con 7 o más puntos.

De cara al futuro se preguntaba al profesorado si el curso 21/22 volvería a utilizar actividades desen- chufadas en su práctica diaria, aplicando lo aprendido en el marco del proyecto. La Figura 22 muestra que el 88,2% sí lo aplicará el próximo curso, mientras que un 11,8% tiene dudas de si lo hará o no. Ninguno de los 119 docentes afirma que no usará este tipo de actividades el próximo curso.

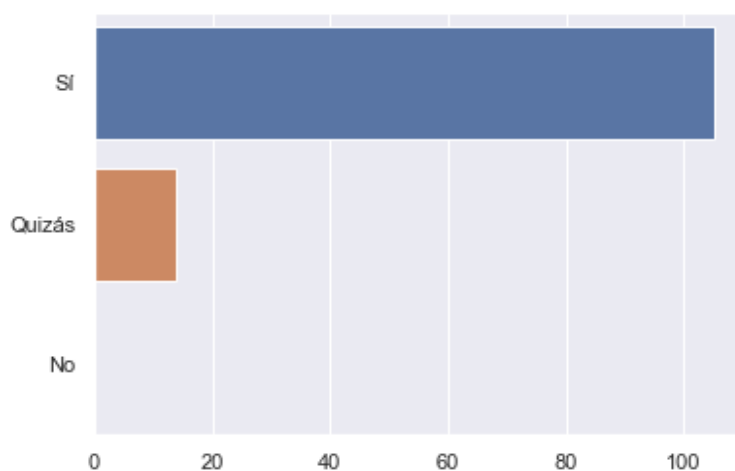


Figura 22. Número de docentes que, de cara al próximo curso 21/22, tiene previsto volver a aplicar en su docencia lo aprendido a lo largo de la EPCIA 20/21.

Por último, el profesorado tenía la oportunidad de indicar en el cuestionario qué dificultades y resistencias había encontrado durante la fase de implementación en el aula, y qué cambios o mejoras introduciría si volviera a comenzar esta fase de implementación en el futuro.

En relación a las dificultades y resistencias, como es evidente se exponen muchas cuestiones personales y muy específicas, pero las tres respuestas más repetidas tienen que ver con los problemas de organización, de uso de espacios e incluso de asistencia a clase provocados por la situación epidemiológica; el número de estudiantes por aula; y, de forma muy mayoritaria, la falta de tiempo para poder dedicar más sesiones a las actividades desenchufadas. Desde el punto de vista de las dificultades del alumnado para realizar las actividades, destaca el número de docentes que hace mención a los problemas del alumnado con la lateralidad, así como a las diferencias madurativas del alumnado de una misma clase.

En cuanto a los cambios o mejoras para el futuro, se repiten menciones al uso de nuevos y diferentes espacios para el desarrollo de las actividades desconectadas; cambios en el agrupamiento del alumnado para trabajar en grupos más pequeños; y, de manera muy mayoritaria, poder dedicar más sesiones a las actividades desenchufadas, para tener la oportunidad de realizar más actividades y que las propias sesiones cuenten con más tiempo de trabajo.

Desde el punto de vista de las dificultades del alumnado para realizar las actividades, destaca el número de docentes que hace mención a los problemas del alumnado con la lateralidad, así como a las diferencias madurativas del alumnado de una misma clase.

Observación del trabajo en el aula

Tras la selección de un conjunto tentativo de centros a visitar virtualmente, descrita en el apartado *Instrumentos utilizados en la investigación*, algunas visitas no pudieron realizarse, bien porque el centro no disponía de la infraestructura necesaria para su puesta en marcha, bien porque equipos directivos o familias no estuvieron de acuerdo con su realización. Finalmente se pudieron realizar 9 visitas virtuales.

Los grupos de alumnado observados durante las visitas muestran una cierta heterogeneidad en relación al número de estudiantes que participaron en la actividad y las agrupaciones que se hacen a lo largo de la misma; los espacios en los que la actividad se desarrolló; así como en lo relativo a los materiales y recursos disponibles y utilizados.

Así, en relación con el número de estudiantes, aunque el promedio de las actividades visitadas es de algo más de 17 alumnos por clase, existe una gran variación, puesto que se visitaron actividades en las que participaron 7 y 10 estudiantes, y también actividades con 25 o más estudiantes.

En una de las actividades se trabaja en gran grupo, con toda la clase participando al mismo tiempo. En otra trabajan en asamblea, pero el alumnado va saliendo al tablero individualmente a realizar una tarea concreta mientras el resto de la clase observa. En el resto de actividades visitadas se trabaja en grupos pequeños, con distintas agrupaciones de 3, 4 o 5 estudiantes que colaboran en la actividad.

En varias de las actividades visitadas había dos docentes en el aula, pero mayoritariamente se trataba de una circunstancia excepcional, y el objetivo del segundo docente era más bien el de ofrecer apoyo en aspectos técnicos para garantizar la calidad de la visita.

A pesar de que ya se había realizado una cierta selección de los centros desde el punto de vista de las infraestructuras existentes -puesto que los centros que no contaban con el equipamiento necesario no pudieron visitarse- los espacios en los que se desarrollaron las actividades, así como los materiales disponibles y utilizados, también son heterogéneos.

Una de las actividades visitadas se desarrolló en el exterior, en un patio amplio y rodeado de árboles. Las otras 8 actividades se desarrollaron en el interior, en un aula del colegio. Algunas aulas eran amplias y contaban con muchos recursos, como proyector, pizarra digital o tablero táctil, e incluso mobiliario flexible que permite distintas configuraciones, en la línea metodológica que promueve el Aula del Futuro¹⁰. Otras aulas, por el contrario, eran más pequeñas, lo que permite menos flexibilidad a la hora de que el alumnado pueda moverse y distribuirse por el aula, y eran también más austeras, en el sentido de que contaban con menos recursos.

En la mayoría de los casos los docentes habían creado una actividad con similitudes al juego *Cody & Roby* que estudiaron durante la fase de formación.

Sí se observó mayor homogeneidad en relación a la metodología utilizada por el profesorado, que en líneas generales comenzaba la actividad con una explicación breve, unas demostraciones sencillas y unas preguntas al alumnado para comprobar si había comprendido correctamente el objetivo de la actividad.

En cuanto a los tipos de actividades desarrolladas, en la mayoría de los casos los docentes habían creado una actividad con similitudes al juego *Cody & Roby* que estudiaron durante la fase de formación. Y partiendo de la idea de programar algún tipo de robot para conseguir determinados objetivos, lo habían adaptado a la situación concreta de su aula, y lo habían modificado para lograr conectarlo con una o varias áreas del currículo.

Así, se observaron actividades en las que se utilizan robots y tableros de papel diseñados por el alumnado, otras en las que el propio alumnado es el robot al que se “programa” aprovechando recursos del centro como un tablero de ajedrez gigante pintado en una pista deportiva, y otras en las que se hace uso de una pantalla táctil para controlar a los personajes, entre otros ejemplos.

Esta capacidad de adaptación del profesorado, que es capaz de sacar el máximo a partir de los recursos disponibles, fue uno de los aspectos más destacados por el equipo de investigación.

Otro aspecto destacado fue la implicación del profesorado, que demostró una gran ilusión y pasión que, como no puede ser de otro modo, se contagia al alumnado participante. Así, en general, el alumnado se mostró concentrado y atento durante las explicaciones iniciales, escuchando activamente a su docente y haciendo preguntas cuando no se entendía completamente lo explicado. Y una vez que comenzaba la actividad en sí, el comportamiento general fue activo y participativo, mostrando un gran interés y entusiasmo.

Este entusiasmo en ocasiones se desbordaba y producía un cierto alboroto, pero el profesorado demostró tener un gran control de la situación, consiguiendo con pocas instrucciones volver a encauzar la actividad inmediatamente.

Esta capacidad de adaptación del profesorado, que es capaz de sacar el máximo a partir de los recursos disponibles, fue uno de los aspectos más destacados por el equipo de investigación.

¹⁰ <https://intef.es/tecnologia-educativa/aula-de-futuro/>

Conclusiones

Los resultados cuantitativos obtenidos en la investigación muestran que el alumnado que ha participado en el proyecto -y que ha realizado, por tanto, las actividades desconectadas- ha alcanzado un mayor nivel de desarrollo de las habilidades de pensamiento computacional que el alumnado de los grupos de control, que no participó en el proyecto y no había realizado este tipo de actividades desenchufadas.

Además cabe mencionar que el número de estudiantes que ha participado en la investigación es muy grande, siendo una de las mayores investigaciones realizadas hasta la fecha en todo el mundo en relación a las actividades desenchufadas y el pensamiento computacional. En total, la muestra está formada por más de 2.500 estudiantes, con un grupo de control de más de 750 alumnos. Además la muestra de estudiantes cuenta con una gran distribución geográfica, lo que aporta aún mayor solidez a los resultados.

Aunque el tamaño del efecto sobre el desarrollo del pensamiento computacional es pequeño, este efecto se produce en la mayoría de los casos con tan solo 5 sesiones de intervención. Además el efecto se ha detectado en todos los cursos y siempre a favor de los grupos experimentales, por lo que es plausible pensar que una intervención continuada en pensamiento computacional a lo largo de los diferentes cursos, y con un mayor número de sesiones, sería muy positiva para el desarrollo del pensamiento computacional del alumnado.

Cabe destacar que el alumnado que parece haberse beneficiado en mayor medida del proyecto ha sido el de infantil 5 años, grupo en el que se ha encontrado un tamaño del efecto mayor y en el que la diferencia entre el grupo experimental y el de control ha sido especialmente significativa estadísticamente. Los datos con los se cuentan en esta investigación no permiten dilucidar las causas de este mayor beneficio en este nivel educativo, por lo que este resultado puede servir para plantear futuras investigaciones que aporten nueva evidencia en este sentido. Teniendo en cuenta que las experiencias de aprendizaje realizadas en la etapa educativa de infantil tienen efectos muy positivos a corto y largo plazo en el desarrollo cognitivo y social del alumnado (Camilli, Vargas, Ryan y Barnett, 2010), los resultados obtenidos pueden abrir una vía de investigación muy interesante.

Del mismo modo, una línea de trabajo de investigación futura podría estudiar diferencias en los resultados en función del tipo concreto de actividades desconectadas desarrolladas, número de estudiantes por aula, agrupamientos del alumnado, número de sesiones llevadas a cabo, o áreas curriculares a las que contribuyen las actividades, entre otros factores.

Es plausible pensar que una intervención continuada en pensamiento computacional a lo largo de los diferentes cursos, y con un mayor número de sesiones, sería muy positiva para el desarrollo del pensamiento computacional del alumnado.

Estos resultados cuantitativos, que debido al diseño de investigación no permiten conocer el nivel de partida del alumnado y presentan, por tanto, algunas limitaciones, han sido complementados por el profesorado del grupo experimental a través de una encuesta anónima que contestaron los 119 docentes de 18 comunidades y ciudades autónomas que completaron tanto la fase de formación como la fase de implementación en el aula.

En dicha encuesta el profesorado expresa de manera muy mayoritaria que considera que su alumnado ha desarrollado sus habilidades de pensamiento computacional al realizar las actividades desenchufadas organizadas a lo largo del proyecto. Y que el hecho de que el alumnado desarrolle su pensamiento computacional y aprenda fundamentos de Inteligencia Artificial será relevante tanto para el futuro profesional como personal del alumnado.

Así mismo, las encuestas anónimas también muestran que, muy mayoritariamente, el profesorado considera que al alumnado le ha resultado divertido, motivador y sencillo realizar las actividades del proyecto, algo que el equipo de investigación pudo corroborar mediante las visitas virtuales organizadas con los centros educativos, durante las que tuvieron la oportunidad de visualizar el desarrollo de algunas actividades.

Las visitas virtuales también ponen de manifiesto la gran labor realizada por los docentes en un curso académico tan complicado como ha sido este, marcado por las restricciones y limitaciones derivadas de la pandemia de COVID-19. Un profesorado que ha demostrado ser capaz de sacar el máximo partido a los recursos disponibles, adaptándose a las características y situaciones concretas de su aula, y transmitiendo al alumnado una gran ilusión y pasión por el aprendizaje.

Debe tenerse en cuenta, además, que el profesorado valora globalmente la experiencia de participar en el proyecto EPCIA con una puntuación muy alta, y de manera muy mayoritaria asegura que el próximo curso académico seguirá trabajando con actividades desenchufadas aplicando lo aprendido en el marco del proyecto.

El profesorado expresa de manera muy mayoritaria que considera que su alumnado ha desarrollado sus habilidades de pensamiento computacional al realizar las actividades desenchufadas organizadas a lo largo del proyecto.

Por tanto, puede afirmarse que el proyecto EPCIA ha logrado el efecto pretendido sobre el pensamiento computacional de los estudiantes y que la evidencia empírica avala la continuidad de su implantación en futuros cursos académicos.

En consecuencia, desde el punto de vista de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible¹¹ los resultados obtenidos en esta investigación permiten afirmar que el proyecto EPCIA en el Nivel I contribuye a varios de sus objetivos:

- 4. Educación de Calidad. En especial en lo relativo al objetivo 4.4: *“De aquí a 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento”*.
- 5. Igualdad de género. En concreto, al objetivo 5.b: *“Mejorar el uso de la tecnología instrumental, en particular la tecnología de la información y las comunicaciones, para promover el empoderamiento de las mujeres”*.
- 10. Reducir la desigualdad en y entre los países. Concretamente al objetivo 10.2: *“De aquí a 2030, potenciar y promover la inclusión social, económica y política de todas las personas, independientemente de su edad, sexo, discapacidad, raza, etnia, origen, religión o situación económica u otra condición”*.

¹¹ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>

Puede afirmarse que el proyecto EPCIA ha logrado el efecto pretendido sobre el pensamiento computacional de los estudiantes y que la evidencia empírica avala la continuidad de su implantación en futuros cursos académicos.

Valoración final

En el panorama educativo internacional existe un cierto consenso en la necesidad de trabajar el pensamiento computacional desde edades tempranas. Así, desde la Comisión Europea se considera que el pensamiento computacional es una habilidad clave para la vida en el siglo XXI (Bocconi et al., 2016), puesto que vivimos en un mundo en el que el *software* tiene una presencia casi ubicua, y en un futuro cercano tendremos que interactuar de forma habitual con soluciones de Inteligencia Artificial (Tuomi, 2019).

Pero con un currículo ya sobrecargado de contenidos, puede resultar complicado encontrar espacio para incluir una nueva línea de trabajo. Por ello, especialmente en Educación Infantil y Primaria, distintos países están tratando de incluir el pensamiento computacional en áreas y asignaturas ya existentes, como un recurso educativo transversal que contribuye al aprendizaje de otros contenidos (Balanskat, Engelhardt, Licht, 2018; Bocconi, Chiocciariello y Earp, 2018).

Los resultados de esta investigación permiten concluir que el uso de actividades desenchufadas en Educación Infantil y Primaria (en concreto, con estudiantes de entre 5 y 9 años) puede ser una estrategia muy efectiva para desarrollar el pensamiento computacional del alumnado al tiempo que se trabajan los contenidos de diferentes áreas del currículo.

De acuerdo con el profesorado participante en el proyecto, las áreas más recomendadas para incluir este tipo de actividades desenchufadas que contribuyen al desarrollo del pensamiento computacional son Matemáticas, Lengua, Ciencias de la Naturaleza, Ciencias Sociales, Plástica, Educación Física y Música. Si bien el profesorado participante recomienda plantear actividades desenchufadas transversales, que contribuyan al aprendizaje de varias áreas.

Teniendo en cuenta que los resultados obtenidos se han logrado en tan solo 5 sesiones de trabajo, de forma mayoritaria, y que todas las edades estudiadas en la investigación han sido sensibles a la intervención, se justifica la recomendación de plantear proyectos de centro longitudinales -que se desarrollen a lo largo de varios cursos- y de mayor envergadura, con un mayor número de sesiones de trabajo anuales.

Los resultados de esta investigación permiten concluir que el uso de actividades desenchufadas en Educación Infantil y Primaria (en concreto, con estudiantes de entre 5 y 9 años) puede ser una estrategia muy efectiva para desarrollar el pensamiento computacional del alumnado al tiempo que se trabajan los contenidos de diferentes áreas del currículo.

Esto es algo que el profesorado participante en el proyecto también destaca de manera muy mayoritaria en las encuestas anónimas finales, indicando que si volviera a repetir la implementación en el

aula dedicaría más tiempo a las actividades desenchufadas, para poder realizar más actividades y que las sesiones de trabajo contaran con más tiempo.

Por último, aunque pueda parecer evidente, esta investigación también resalta la importancia de ofrecer al profesorado formación de calidad, basada en evidencias. Por consiguiente, se recomienda que el profesorado que vaya a embarcarse en un proyecto de centro para trabajar el pensamiento computacional de su alumnado reciba previamente la formación adecuada para garantizar el éxito de la intervención, en línea con lo realizado en este Nivel I de la EPCIA, una experiencia que puede servir de modelo e inspiración como caso de éxito para futuros proyectos sobre la inclusión de contenidos de pensamiento computacional e Inteligencia Artificial en aulas de infantil y primaria.

Esta investigación también resalta la importancia de ofrecer al profesorado formación de calidad, basada en evidencias.

Epcia 20/21

Escuela de Pensamiento Computacional
e Inteligencia Artificial 20/21:
Scratch y Machine Learning for Kids

Informe de resultados del Nivel II del proyecto EPCIA 20/21: *Scratch* y *Machine Learning for Kids*

Descripción del Nivel II	43
Instrumentos utilizados en la investigación	44
Resultados	47
Test de Pensamiento Computacional (TPC) – Pre-test y Post-test	47
Características de la muestra	47
Fecha y lugar de aplicación. Dispositivos utilizados.	48
Fiabilidad del pre-test y del post-test	49
Análisis de diferencias de resultados entre el pre-test y el post-test (TPC)	49
Prueba de Inteligencia Artificial	51
Características de la muestra	51
Fecha y lugar de aplicación. Dispositivos utilizados	51
Fiabilidad de las mediciones	52
Análisis de diferencias de resultados entre el pre-test y el post-test (P-IA)	53
Cuestionarios de valoración (alumnado)	55
Características de la muestra	55
Análisis	55
Cuestionarios de valoración (docentes)	59
Características de la muestra	59
Análisis	60
Análisis cualitativo de las respuestas abiertas y entrevistas	66
Descripción de la propuesta didáctica	66
Valoración y consejos de los docentes participantes	66
Conclusiones del análisis cualitativo	68
Análisis de proyectos <i>Scratch</i>	69
Características de la muestra	69
Análisis	71

Síntesis de buenas prácticas	72
Objetivos	72
Metodología	73
Evaluación	74
Conclusiones finales	74

Descripción del Nivel II

El proyecto de la Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial (EPCIA) consta de tres partes en los tres niveles en los que se ha articulado:

- Formación del profesorado, llevada a cabo entre el 13 de noviembre de 2020 y el 1 de febrero de 2021.
- Implementación de la propuesta didáctica con el alumnado en el aula, llevada a cabo entre el 1 de marzo y el 31 de mayo de 2021.
- Investigación del impacto obtenido a través de cuestionarios, test y entrevistas a los docentes entre marzo y junio de 2021.

Formación del profesorado

El profesorado participante comenzó su andadura en el proyecto con un curso de formación en línea centrado en técnicas y actividades para trabajar diferentes conceptos que se aplican en el pensamiento computacional (PC) y la Inteligencia Artificial (IA), utilizando el lenguaje de programación *Scratch 3.0* y la herramienta de aprendizaje automático "*Machine Learning for Kids*". La formación estaba formada por los siguientes bloques:

- Bloque 0: Primeros pasos. Se impartían contenidos para que los participantes más noveles se adaptasen a la plataforma de formación.
- Bloque 1: Introducción a *Scratch 3.0*. Ofrece un resumen de los conceptos más utilizados de *Scratch* y algunas actividades complementarias para los participantes que han utilizado en menor medida este lenguaje de programación.
- Bloque 2: Y eso de la Inteligencia Artificial, ¿qué es? Ofrece información sobre la Inteligencia Artificial, sus riesgos y sus posibilidades.
- Bloque 3: *Machine Learning for Kids* con *Scratch 3.0*. Los contenidos y actividades ofrecidas en este bloque permiten a los participantes dar los primeros pasos en *Machine Learning for Kids*.
- Bloque 4: Más proyectos de Inteligencia Artificial en *Scratch 3.0*. Se ofrecía a los participantes, a modo de inspiración, varios proyectos para que pudieran analizar y crear sus propias propuestas adaptadas a la realidad de su alumnado.

Durante esta fase se organizaron para los participantes dos seminarios en línea (*webinars*) orientados a explicar con más detalle la creación de cuentas de *Machine Learning for Kids* (ML4K) y el concepto de generalización en el aprendizaje automático.

Como actividad final de la formación, los docentes participantes elaboraron su propia propuesta didáctica, en la que planificaron las sesiones de trabajo que posteriormente realizarían en el aula con su alumnado durante la fase de implementación. Se pueden consultar los puntos que los docentes debían desarrollar para su propuesta didáctica en el Anexo 2.

Implementación en el aula

Aquellos docentes que superaron la fase de formación, elaborando su propuesta didáctica, continuaron con la fase de implementación en el aula. En el nivel II de la EPCIA, un total de 133 docentes realizaron la fase de implementación en el aula de forma completa, con una dedicación de al menos cinco sesiones con su alumnado, si bien un buen número de docentes optaron por dedicar más de 5 sesiones a su propuesta didáctica.

Las actividades propuestas para el aula, además de contribuir al desarrollo de dimensiones concretas del pensamiento computacional, tenían también que contribuir a la adquisición de contenidos específicos del currículo.

A modo simplemente ilustrativo, se incluyen en el Anexo 3 una selección de actividades destacadas desarrolladas por el profesorado. Muchas de estas actividades ponen de manifiesto cómo el profesorado, partiendo de una idea similar, ha sido capaz de desarrollar actividades completamente diferentes, que aprovechan los recursos disponibles en su centro, y contribuyendo a alcanzar objetivos curriculares de diferentes áreas al tiempo que se trabaja el pensamiento computacional del alumnado.

Instrumentos utilizados en la investigación

En esta investigación se han utilizado varios instrumentos, siendo éstos tanto de corte cuantitativo como de corte cualitativo. De esta manera, se pueden triangular posteriormente los resultados procedentes de ambos tipos de instrumentos.

Los instrumentos cuantitativos (Test de Pensamiento Computacional -TPC y Prueba de IA – P-IA) son instrumentos previamente validados, que cuentan con el aval de publicaciones científicas previas¹. Ambos instrumentos son pioneros, puesto que son los primeros diseñados en su área de medición, para población infantil española. A su vez, se han recogido los proyectos realizados por el alumnado, que han sido analizados utilizando herramientas para conocer su alcance y complejidad. Todos los participantes (tanto docentes como alumnado) han tenido también que rellenar un cuestionario al finalizar la fase de implementación.

Además de los instrumentos cuantitativos, se han realizado entrevistas a grupos de docentes. Las opiniones y comentarios de los docentes han sido analizados junto a dos preguntas de respuestas abiertas del cuestionario que todos los participantes han realizado al cabo de la fase de implementación.

En esta investigación se han utilizado varios instrumentos, siendo éstos tanto de corte cuantitativo como de corte cualitativo.

Cabe destacar que no sólo los instrumentos utilizados en la investigación son diversos. También las fuentes de información utilizadas en la investigación han sido varias, ya que provienen de estudiantes, de docentes y de los proyectos en *Scratch* realizados por los estudiantes.

Test de Pensamiento Computacional (TPC)

El 'Test de Pensamiento Computacional' (TPC) es un test diseñado para medir el desarrollo del pensamiento computacional de los estudiantes y ha sido validado científicamente siguiendo, entre otros, el procedimiento 'juicio de expertos' y su versión final consta de 28 ítems de longitud (Román González, 2015). El TPC está construido siguiendo los siguientes principios:

- Objetivo: el TPC pretende medir el nivel de aptitud-desarrollo del pensamiento computacional en el sujeto.
- Definición operativa del constructo medido: el pensamiento computacional es la capacidad de formular y solucionar problemas apoyándose en los conceptos fundamentales de la computación,

¹ Román-González, M., Pérez-González, J.C. y Jiménez-fernandez, C. (2016) *Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test*

Rodríguez-García, J.D., Moreno-León, J., Román-González, M. y Robles G. (2021) *Evaluation of an Online Intervention to Teach Artificial Intelligence with LearningML to 10-16-Year-Old Students*

y usando la lógica-sintaxis de los lenguajes informáticos de programación: secuencias básicas, bucles, iteraciones, condicionales, funciones y variables.

- Población objetivo: dirigido a población escolar española de entre 10 y 16 años (5.º de primaria a 4.º de la ESO).
- Tipo de instrumento: prueba objetiva de elección múltiple con 4 opciones de respuesta (sólo 1 correcta).
- Longitud: 28 ítems.
- Tiempo máximo de realización: 45 minutos.

Los estudiantes participantes en este estudio realizaron el Test de Pensamiento Computacional en dos ocasiones: antes de empezar la fase de implementación (para determinar sus habilidades de pensamiento computacional antes del experimento, que denominamos **pre-test**) y después de haber terminado la fase de implementación (que denominamos **post-test**). El análisis de las diferencias entre el pre-test y post-test permite obtener evidencias de las habilidades y conocimientos adquiridos durante el experimento y, por tanto, evaluar la implementación llevada a cabo.

Para evaluar la validez y lo significativo que son los resultados de los test, se utilizan dos valores estadísticos: el valor p y el tamaño del efecto.

- El valor p (conocido también como p-valor) ayuda a diferenciar resultados que son producto del azar del muestreo de los que no lo son. Cuando los resultados no son producto del azar, el valor p es menor que 0,05. En esos casos se dice que los resultados son estadísticamente significativos.
- El tamaño del efecto es una medida de la fuerza de un fenómeno, en nuestro caso del impacto de la implementación llevada a cabo por los docentes en el aula. Esto es debido a que se puede haber determinado una diferencia estadísticamente significativa en un experimento (por ejemplo, las chicas aprenden más que los chicos), pero que el efecto sea pequeño (las chicas solamente sacan una décima de punto más que los chicos). El tamaño del efecto viene dado por la *d de Cohen*, que mide el efecto numéricamente. Generalmente, valores de la *d de Cohen* inferiores a 0,2 señalan que no existe efecto; valores entre 0,21 a 0,49 indican un pequeño efecto; valores oscilantes entre 0,50 a 0,70 son debidos a un efecto moderado; y valores mayores a 0,80 son considerados un efecto grande (Cohen, 1998).

El análisis de las diferencias entre el pre-test y post-test permite obtener evidencias de las habilidades y conocimientos adquiridos durante el experimento

Prueba de conocimientos sobre Inteligencia Artificial (P-IA)

La segunda prueba que se aplicó fue la 'Prueba de conocimientos sobre Inteligencia Artificial' (P-IA). Dicha prueba tiene su origen en un primer instrumento diseñado para la EPCIA 19/20 (que quedó suspendida por la pandemia), y que luego fue depurado y validado en el estudio de García-Rodríguez et al. (2021).

La P-IA está compuesta por un total de 16 preguntas (de la #1 a la #16), de las cuales:

- Hay dos preguntas de respuesta abierta (la #1 y la #16), que se han dejado fuera de este informe, porque sólo se ha considerado la P-IA en su vertiente cuantitativa (como instrumento de corte cuantitativo), ya que luego se han aplicado otros instrumentos cualitativos, como los cuestionarios.

- Hay 14 ítems de elección múltiple (de la #2 hasta la #15, ambas inclusive), que son las que consideraremos para este informe.

Para la P-IA también se llevó a cabo un esquema de *pre-test* y *post-test*, tal y como se hizo con el Test de Pensamiento Computacional.

Cuestionarios a estudiantes y docentes

- Los cuestionarios se diseñaron “*ad-hoc*” para esta investigación, por lo que las preguntas planteadas al alumnado y docentes fueron específicamente creadas para este estudio en función de los objetivos marcados. Los cuestionarios se llevaron a cabo después de la intervención y de que los participantes (docentes y alumnado) realizaran y entregaran las actividades, incluyendo el post-test.

Los cuestionarios incluyen preguntas cerradas y de selección múltiple, así como algunas preguntas de respuestas abiertas donde los docentes y alumnado podían ofrecer con mayor detalle su punto de vista. Las preguntas de respuestas abiertas, debido a su carácter cualitativo, fueron analizadas conjuntamente con las entrevistas (que se presentan a continuación).

Entrevistas a docentes

Para la obtención de la información y posterior análisis se han examinado las preguntas abiertas del cuestionario de valoración realizado a una muestra de 133 participantes de las etapas educativas de Educación Primaria y Educación Secundaria, así como las entrevistas abiertas que fueron desarrolladas en cuatro sesiones, para las que se seleccionaron 10 docentes de todas las etapas educativas involucradas en el Nivel II agrupados según los intereses de la investigación.

Se seleccionaron para las entrevistas a docentes con perfiles y desempeños diversos durante el curso.

En aras de contar con opiniones y puntos de vista diferentes, se seleccionaron para las entrevistas a docentes con perfiles y desempeños diversos durante el curso. Así, se dividieron a los docentes participantes en varios grupos según una serie de características y se escogieron de manera aleatoria varios docentes de cada uno de los grupos. Los grupos se confeccionaron siguiendo los siguientes criterios:

- Grupo A:
 - Han implantado al menos el 90% de la propuesta didáctica.
 - Expresan una valoración global del curso EPCIA de 9 o más (sobre 10).
 - Declaran que desean continuar con el proyecto en el curso 21/22.
- Grupo B:
 - Han implantado al menos el 70% de la propuesta didáctica.
 - Su valoración global del curso EPCIA es de al menos de 7 (sobre 10).
 - No tienen claro si quieren repetir/continuar con el tema en el curso 21/22.
- Grupo C:
 - Han implantado al menos el 60% de la propuesta didáctica.
 - Su valoración global del curso EPCIA es de 6 o menos (sobre 10).
 - No tienen claro si repetir el curso 21/22.
- Grupo D:
 - No han conseguido implantar el 50% de lo programado.

De los grupos A y B se realizaron entrevistas a 3 docentes de cada uno, mientras que de los grupos C y D se concertaron entrevistas con 2 docentes de cada grupo. Las entrevistas se realizaron *on-line*, en grupo (los docentes pertenecientes al mismo grupo de manera conjunta) y se siguió un único guión con las mismas cuestiones.

Análisis de Proyectos

El análisis de proyectos se ha llevado a cabo mediante *Dr. Scratch*, un programa que permite obtener de cada proyecto el grado de expresividad.

Mediante el análisis de los proyectos *Scratch* realizados por el alumnado se quiere profundizar en el estudio del aprendizaje por parte del alumnado. *Scratch* es un lenguaje de programación visual desarrollado por el Grupo Lifelong Kindergarten del *MIT Media Lab*. Su principal característica consiste en que permite el desarrollo de habilidades cognitivas mediante el aprendizaje de la programación sin tener conocimientos profundos sobre el código.

El análisis de proyectos se ha llevado a cabo mediante *Dr.Scratch*² (Moreno-León et al., 2015³), un programa que permite obtener de cada proyecto el grado de expresividad. Para determinar el grado de expresividad, se han categorizado los bloques que se pueden utilizar en *Scratch* en siete dimensiones (lógica, control de flujo, sincronización, abstracción, representación de datos, interactividad de usuario y paralelización), y se ha comprobado los tipos de bloques que han sido utilizados en los proyectos. Así, un programa que haya requerido más expresividad que otro contendrá bloques más diversos y de dimensiones más variadas. En definitiva cuentas, los programas sencillos requieren de poca expresividad, ya que se pueden realizar con unos pocos bloques de pocas dimensiones, mientras que los programas que necesitan de mayor expresividad son más complejos programáticamente, porque requieren hacer uso de un número mayor de bloques de diferentes dimensiones.

Resultados

Test de Pensamiento Computacional (TPC) – Pre-test y Post-test

Características de la muestra

El tamaño de la muestra válida es de 2.217 sujetos (alumnado) con una ligera sobrerrepresentación masculina (52,5% frente al 47,5%), tal y como se puede ver en la Tabla I. La muestra válida está compuesta por sujetos que cumplieron correctamente el Test de Pensamiento Computacional (TPC) tanto en el momento pre-test como en el momento post-test; pudiéndose así emparejar sus respuestas.

Tabla I. Sexo de la muestra

	Frecuencia	Porcentaje
Chicos	1165	52,5
Chicas	1052	47,5
Total	2217	100,0

² <http://www.drscratch.org/>

³ Moreno-León et al. (2015) *Dr. Scratch: Análisis Automático de Proyectos Scratch para Evaluar y Fomentar el Pensamiento Computacional*

El alumnado participante cursa enseñanzas dentro del rango de 4.º de primaria a 2.º de la ESO, como se puede ver en la Tabla II. Los grupos de alumnado participantes más numerosos corresponden a 6.º de primaria y 2.º de la ESO.

Tabla II. Curso de la muestra

	Frecuencia	Porcentaje
4.º primaria	274	12,4
5.º primaria	397	17,9
6.º primaria	637	28,7
1.º ESO	299	13,5
2.º ESO	610	27,5
Total	2217	100,0

Fecha y lugar de aplicación. Dispositivos utilizados.

Las pruebas de pre-test se realizaron del 24 de febrero al 25 de marzo de 2021. Debido a la situación especial a causa de la pandemia COVID-19, en la que la asistencia a clase estaba condicionada por condiciones sanitarias, se permitió en casos excepcionales que las pruebas fueran realizadas en casa. Así lo hicieron 98 alumnos (un 4,42% de la muestra total), mientras que los restantes 2.119 lo hicieron en un aula de su centro educativo.

Las pruebas de post-test se realizaron del 28 de abril al 02 de junio de 2021. 165 alumnos (7,4%) realizaron esta prueba en sus propios domicilios, mientras 2.052 lo hicieron en un aula de su centro educativo.

Ambas pruebas consistieron en un test en un formulario *on-line*, por lo que era necesario utilizar un dispositivo electrónico. En la Tabla III se pueden observar los dispositivos utilizados para el pre-test, con predominio del uso de ordenadores ya sean fijos o portátiles.

Tabla III. Dispositivo electrónico–pre-test

	Frecuencia	Porcentaje
Ordenador portátil	877	39,6
Ordenador fijo	702	31,7
Tableta	579	26,1
Teléfono móvil	59	2,7
Total	2217	100,0

La Tabla IV muestra los dispositivos utilizados para la realización de las pruebas de post-test. Se pueden observar ligeras variaciones con respecto al pre-test.

Tabla IV. Dispositivo electrónico–post-test

	Frecuencia	Porcentaje
Ordenador portátil	944	42,6
Ordenador fijo	688	31,0
Tableta	501	22,6
Teléfono móvil	84	3,8
Total	2217	100,0

Fiabilidad del pre-test y del post-test

El Alfa de Cronbach es un coeficiente que sirve para medir la fiabilidad de una escala de medida (Brown, 2002). Así, permite determinar si las variables observadas (en nuestro caso, las respuestas a un test) son buenas para medir una variable que no es directamente observable (en nuestro caso, el desarrollo del pensamiento computacional). Se considera que valores de alfa superiores a 0,7 son suficientes para garantizar la fiabilidad de la escala (Cervantes, 2005).

El valor de Alfa de Cronbach obtenido para el pre-test es de 0,791, mostrándose creciente según el curso considerado (4.º primaria: 0,622; 5.º primaria: 0,738; 6.º primaria: 0,772; 1.º ESO: 0,785; 2.º ESO: 0,811). Tenemos, por tanto, una escala de medida fiable.

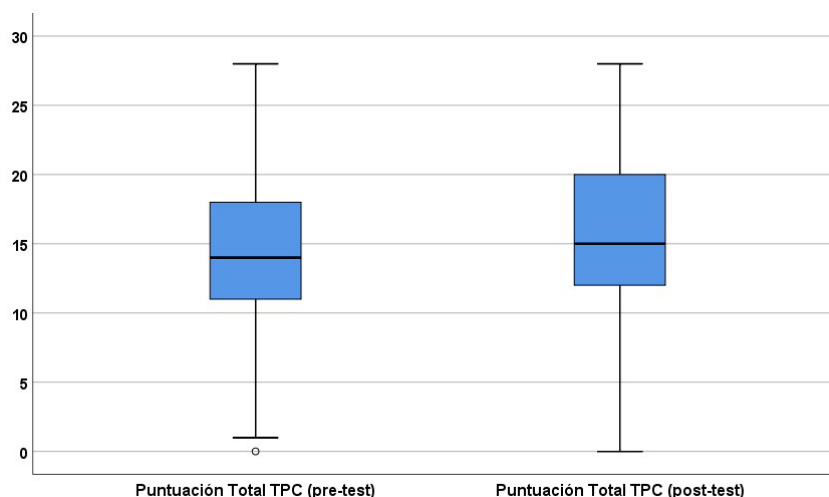
El valor de Alfa de Cronbach obtenido para el post-test es de 0,820, obteniendo valores cercanos o superiores a 0,8 para todos los cursos menos 4.º de primaria (4.º primaria: 0,682; 5.º primaria: 0,821; 6.º primaria: 0,793; 1.º ESO: 0,813; 2.º ESO: 0,823). En este caso, tenemos también una escala de medida fiable. El hecho de que los resultados sean algo peores para 4.º de primaria era esperable, pues el TPC está realmente validado para edades 10-16 años, es decir, desde 5.º primaria a 4.º ESO (ambos inclusive). Esto quiere decir que aplicar el TPC en 4.º de primaria no es lo idóneo; una posible recomendación futura sería que, para ese curso se aplicara otra prueba más acorde a esa edad como, por ejemplo, el BCTt (Zapata-Cáceres et al., 2020)⁴.

Análisis de diferencias de resultados entre el pre-test y el post-test (TPC)

Globalmente, los resultados se ajustan a la curva normal, lo cual es indicativo del buen funcionamiento de la medición. No se observan muchos casos extremos en la prueba, por lo cual podemos afirmar que la dificultad de la prueba es globalmente adecuada para la muestra de sujetos.

La Figura 1 muestra la evolución de la puntuación total TPC del pre-test y del post-test. La media del pre-test es de 14,6464, mientras que la del post-test se sitúa en 15,7415. El tamaño del efecto dado por la *d de Cohen* es de 0,271, siendo la diferencia pre-post estadísticamente significativa ($p < 0,001$).

Figura 1. Diagramas de caja sobre la puntuación total pre-test vs. post-test.



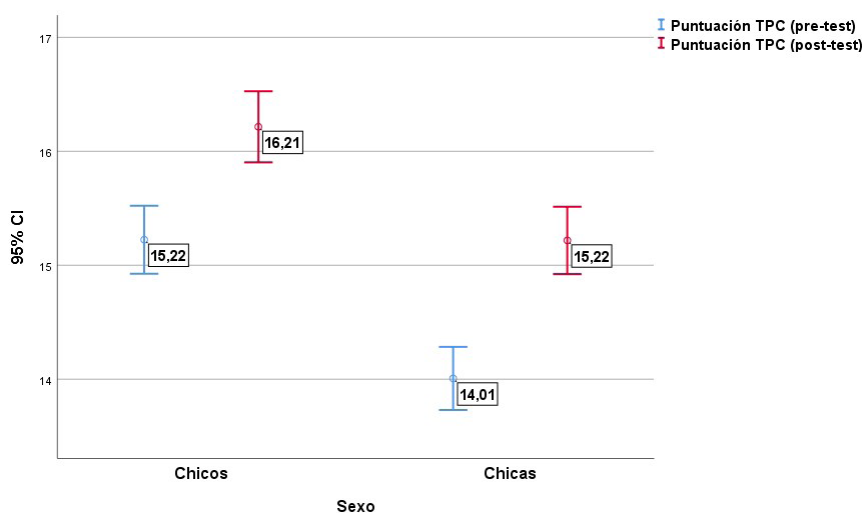
La Figura 2 muestra los resultados por sexos. Se puede observar una mejora para ambos sexos (ligeramente mayor para las chicas), aunque el punto de partida para las chicas era ligeramente inferior al de los chicos. En ambos casos los resultados son estadísticamente significativos ($p < 0,001$).

⁴ Zapata-Cáceres et al. (2020) *Computational Thinking Test for Beginners: Design and Content Validation*

Así, se observa como tanto en el pre-test como en el post-test la puntuación de los chicos es superior a la puntuación de las chicas (véase Figura 2). Estas diferencias son significativas, aunque de tamaño pequeño ($d \approx 0,2-0,3$), y son algo ya conocido y esperable por aplicaciones previas del TPC que, sistemáticamente y en sucesivas muestras, han arrojado un rendimiento ligeramente superior en el colectivo masculino.

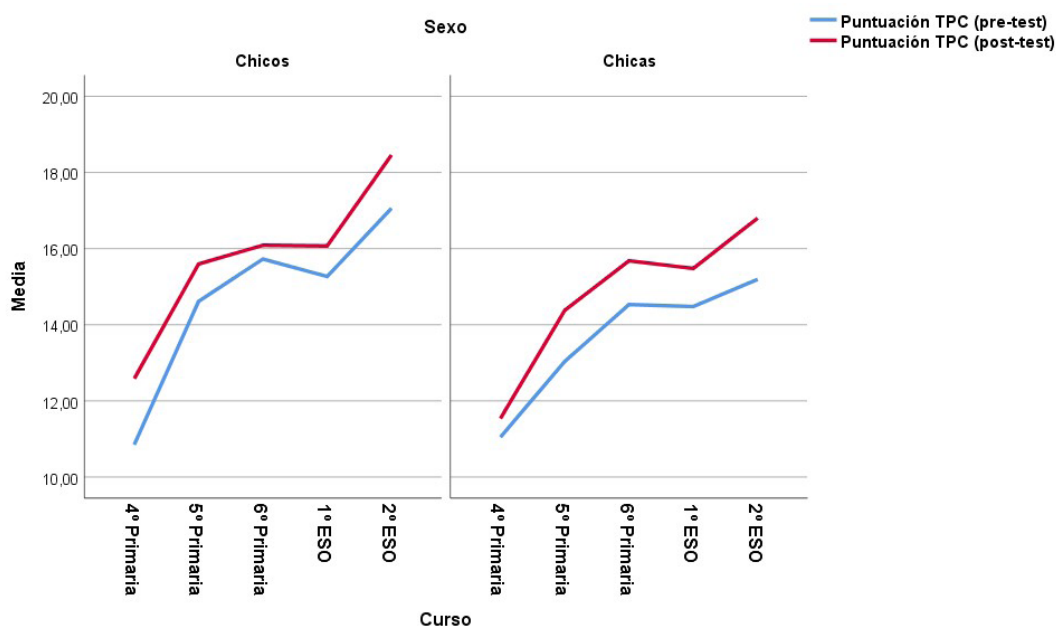
Se puede destacar que la mejora es algo mayor en las chicas que en los chicos; en otras palabras, la implementación parece haber contribuido a cerrar parcialmente la brecha de género en pensamiento computacional detectada en el momento pre-test.

Figura 2. Medias en la puntuación total pre-test vs. post-test por sexos.



En cuanto a niveles educativos, la Figura 3 muestra la diferencia entre la puntuación del pre-test y el post-test por sexos y por cursos. En todos los casos, se puede ver una mejora entre los dos test. Se observan incrementos significativos en las puntuaciones del TPC según vamos ascendiendo de curso; algo consistente con el hecho de que el pensamiento computacional es una capacidad cognitiva afectada por el nivel madurativo del sujeto. Este resultado afianza nuevamente la afirmación de que la medición ha sido correcta.

Figura 3. Puntuación total pre-test vs. post-test por sexos y por curso.



Globalmente, los resultados arrojan una mejora estadísticamente significativa entre el pre-test y el post-test en cuanto al nivel de habilidades en pensamiento computacional de los sujetos, si bien esta mejora es de tamaño ‘pequeño-moderado’ ($d = 0,27 \approx 0,3$). Esta mejora aparece sistemáticamente tanto en chicos como en chicas, y a lo largo de todos los cursos.

Se observa como tanto en el pre-test como en el post-test la puntuación de los chicos es superior a la puntuación de las chicas. Estas diferencias son significativas, aunque de tamaño pequeño.

Finalmente, se observa una correlación moderada-fuerte entre las puntuaciones del TPC en el pre-test y en el post-test ($r = 0,68 \approx 0,7$), lo cual es indicativo de la estabilidad de la prueba (fiabilidad como estabilidad del TPC).

Se observan incrementos significativos en las puntuaciones del TPC según vamos ascendiendo de curso; algo consistente con el hecho de que el pensamiento computacional es una capacidad cognitiva afectada por el nivel madurativo del sujeto.

Prueba de Inteligencia Artificial

Características de la muestra

El tamaño de la muestra válida es de 2.088 sujetos (alumnado), con una ligera sobrerrepresentación masculina (51,7% frente al 48,3%), tal y como se puede ver en la Tabla V. La muestra válida está compuesta por sujetos que cumplieron correctamente la Prueba sobre Inteligencia Artificial (P-IA) tanto en el momento pre-test como en el momento post-test; pudiéndose así emparejar sus respuestas.

Tabla V. Sexo de la muestra

	Frecuencia	Porcentaje
Chicos	1079	51,7
Chicas	1009	48,3
Total	2088	100,0

Fecha y lugar de aplicación. Dispositivos utilizados

Las pruebas de **pre-test** se realizaron del 25 de febrero al 24 de marzo de 2021. Debido a la situación especial a causa de la pandemia COVID-19, en la que la asistencia a clase estaba condicionada por condiciones sanitarias, se permitió en casos excepcionales que las pruebas fueran realizadas en casa. Así lo hicieron 116 alumnos (un 5,56% de la muestra total), mientras los restantes 1.972 lo hicieron en un aula de su centro educativo.

Por su parte, las pruebas de **post-test** se realizaron del 28 de abril al 31 de mayo de 2021. 184 alumnos (8,81%) realizaron esta prueba en sus propios domicilios, mientras 1.904 lo hicieron en un aula de su centro educativo.

Ambas pruebas consistieron en un test en un formulario *on-line*, por lo que era necesario utilizar un dispositivo electrónico. En la Tabla VI se pueden observar los dispositivos utilizados para el pre-test, con predominio del uso de ordenadores, ya sean fijos o portátiles.

Tabla VI. Dispositivo electrónico-pre-test

	Frecuencia	Porcentaje
Ordenador portátil	854	40,9
Ordenador fijo	606	29,0
Tableta	574	27,5
Teléfono móvil	54	2,6
Total	2088	100,0

La Tabla VII muestra los dispositivos utilizados para la realización de las pruebas de post-test. En este caso, se observan ligeras variaciones con respecto al pre-test.

Tabla VII. Dispositivo electrónico-post-test

	Frecuencia	Porcentaje
Ordenador portátil	904	43,3
Ordenador fijo	617	29,5
Tableta	497	23,8
Teléfono móvil	70	3,4
Total	2088	100,0

Fiabilidad de las mediciones

Para entender la fiabilidad de las mediciones, es necesario tener en cuenta algunas consideraciones previas, que se detallan a continuación, acerca de las distintas formas de abordar el estudio de la fiabilidad para el caso del Test de Pensamiento Computacional (TPC) y de la Prueba sobre Inteligencia Artificial (P-IA).

El TPC es un test que mide capacidad-aptitud. Las capacidades y aptitudes ya se dan en el sujeto en alguna medida y de manera natural, incluso antes de cualquier proceso formal de enseñanza o instrucción. En ese sentido, es esperable que un test que mide capacidad o aptitud, sea consistente (fiable) en sus mediciones tanto en momento 'pre' como en momento 'post'. Por ello, cuando se ha estudiado la fiabilidad del TPC se ha hecho en ambos momentos de medición ('pre' y 'post').

En contraste, la P-IA es una prueba objetiva que mide conocimientos. En sentido estricto, no se puede esperar que dichos conocimientos se den ya en el sujeto previamente al proceso de enseñanza o instrucción correspondiente, sino sólo una vez dicho proceso se ha producido. Por ello, la fiabilidad de las pruebas objetivas sólo han de estudiarse y valorarse en momento 'post', tal y como haremos a continuación para la P-IA.

En el post-test, tras un análisis preliminar sobre la fiabilidad de la P-IA para el cual se han considerado los 14 ítems de elección múltiple que la componen (preguntas de la #2 a la #15), se detecta mediante técnicas estadísticas que un ítem (la pregunta #15) no está funcionando de manera correcta ni

consistente. Por lo tanto, se decide eliminar/ignorar dicho ítem #15 de la P-IA, para quedarnos con una versión definitiva de un total de 13 ítems de longitud (de la pregunta #2 a la pregunta #14). La fiabilidad, medida por el Alfa de Cronbach, es de 0,701.

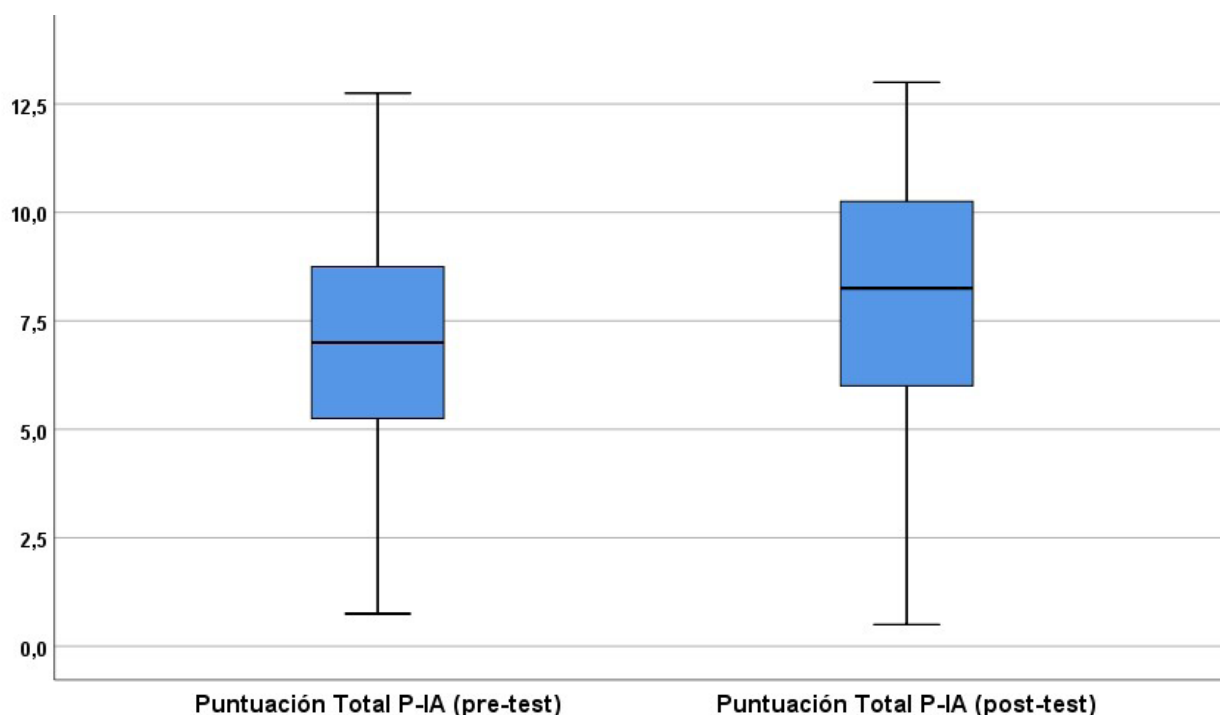
Análisis de diferencias de resultados entre el pre-test y el post-test (P-IA)

Globalmente, los resultados se ajustan a la curva normal, lo cual es indicativo del buen funcionamiento de la medición. No se observa ni 'efecto suelo' ni 'efecto techo' en la prueba, que es cuando la prueba es o bien demasiado difícil o demasiado fácil, por lo cual podemos afirmar que la dificultad de la prueba es adecuada para la muestra de sujetos.

La Figura 4 muestra la evolución de la puntuación total en la P-IA del pre-test y del post-test. La media del pre-test es de 7,06, mientras que la del post-test se sitúa en 8,11. El tamaño del efecto dado por la *d de Cohen* es de 0,419, siendo la diferencia pre-post estadísticamente significativa ($p < 0,001$).

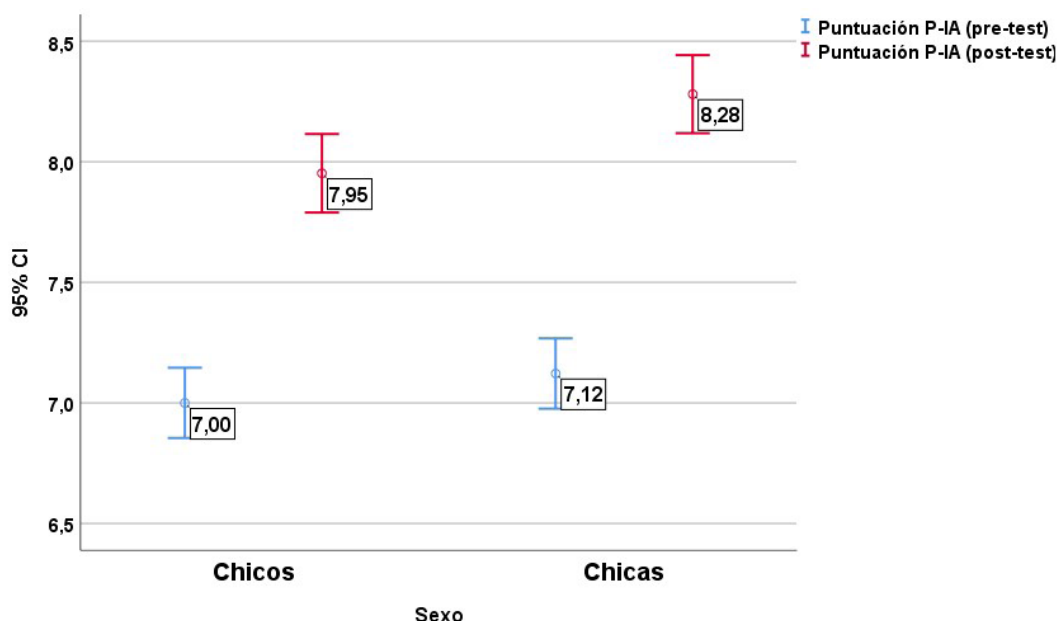
El tamaño del efecto de la intervención ($d=0,419$) se sitúa en la zona de 'efectos deseados' ($d > 0,4$) del Barómetro de Hattie. Dicho en otras palabras, el efecto que ha tenido la implementación de la propuesta didáctica en el nivel de conocimientos sobre IA de los sujetos de Nivel II ha sido lo suficientemente grande como para afirmar su eficacia educativa y avalar su continuidad en próximos cursos.

Figura 4. Diagramas de caja sobre la puntuación total pre-test vs. post-test.



La Figura 5 muestra los resultados por sexos. Se puede observar una mejora para ambos sexos (ligeramente mayor para las chicas). En ambos casos los resultados son estadísticamente significativos ($p < 0,001$).

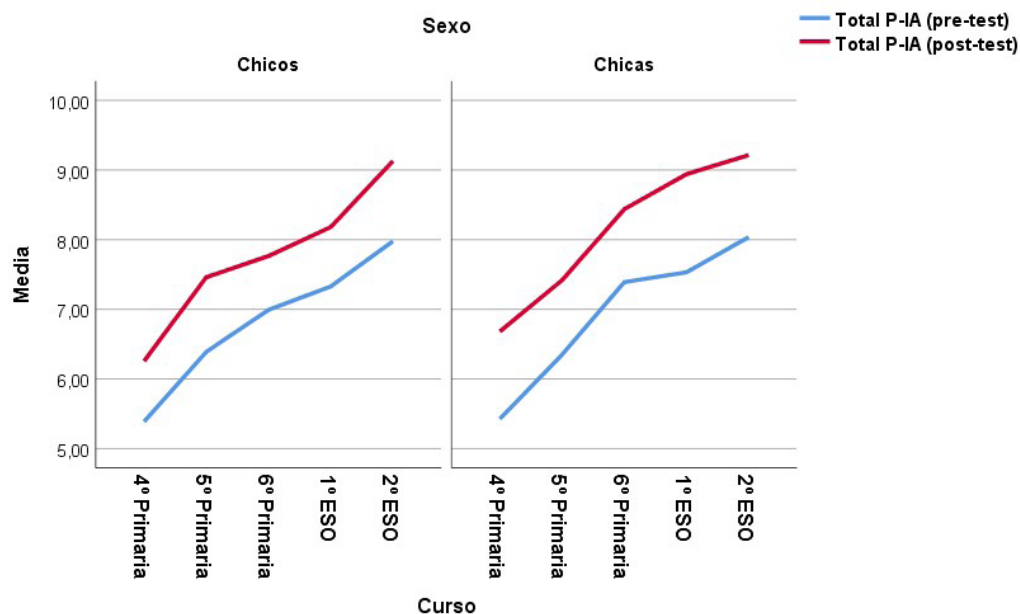
No se observan diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento en la P-IA entre chicos y chicas, lo cual indica que la prueba es neutra en términos de género.

Figura 5. Media de la puntuación total pre-test vs. post-test por sexos.

La Figura 6 muestra la diferencia entre la puntuación del pre-test y el post-test por sexos y por cursos. En todos los casos, se puede ver una mejora entre los dos momentos en los que se llevan a cabo los test, con puntuaciones consistentemente mejores según se avanza en cuanto al curso.

Además, esta mejora aparece consistente y sistemáticamente tanto en chicos como en chicas, y a lo largo de todos los cursos involucrados en el Nivel II. Ello constituye un aval adicional para recomendar la continuidad de la intervención en el futuro.

Se observan incrementos significativos en las puntuaciones de la P-IA según vamos ascendiendo de curso; algo consistente con el hecho de que los sujetos de mayor edad tienden a tener un mayor conocimiento previo sobre cualquier tema (en este caso, conocimientos de partida sobre IA). Este resultado afianza nuevamente la afirmación de que la medición ha sido correcta.

Figura 6. Puntuación total pre-test vs. post-test por sexos y por curso.

Cuestionarios de valoración (alumnado)

Características de la muestra

El tamaño de la muestra válida es de 2.453 sujetos, lo que se considera un tamaño grande, con una ligera sobrerrepresentación masculina (50,6% frente al 45,7%), tal y como se puede ver en la Tabla VIII. La muestra está bien equilibrada en la variable 'Sexo' y relativamente equilibrada en la variable 'Curso'.

Tabla VIII. Sexo del alumnado

	Frecuencia	Porcentaje
Chico	1240	50,6
Chica	1120	45,7
Prefieres no decirlo	71	2,9
Otro	22	0,9
Total	2453	100,0

El alumnado participante cursa estudios en el rango de 4.º de primaria a 2.º de la ESO, como se puede ver en la Tabla IX. Los grupos más numerosos corresponden a 6.º de primaria y 2.º de la ESO.

Tabla IX. Curso

	Frecuencia	Porcentaje
4.º primaria	341	13,9
5.º primaria	462	18,8
6.º primaria	701	28,6
1.º ESO	334	13,6
2.º ESO	615	25,1
Total	2453	100,0

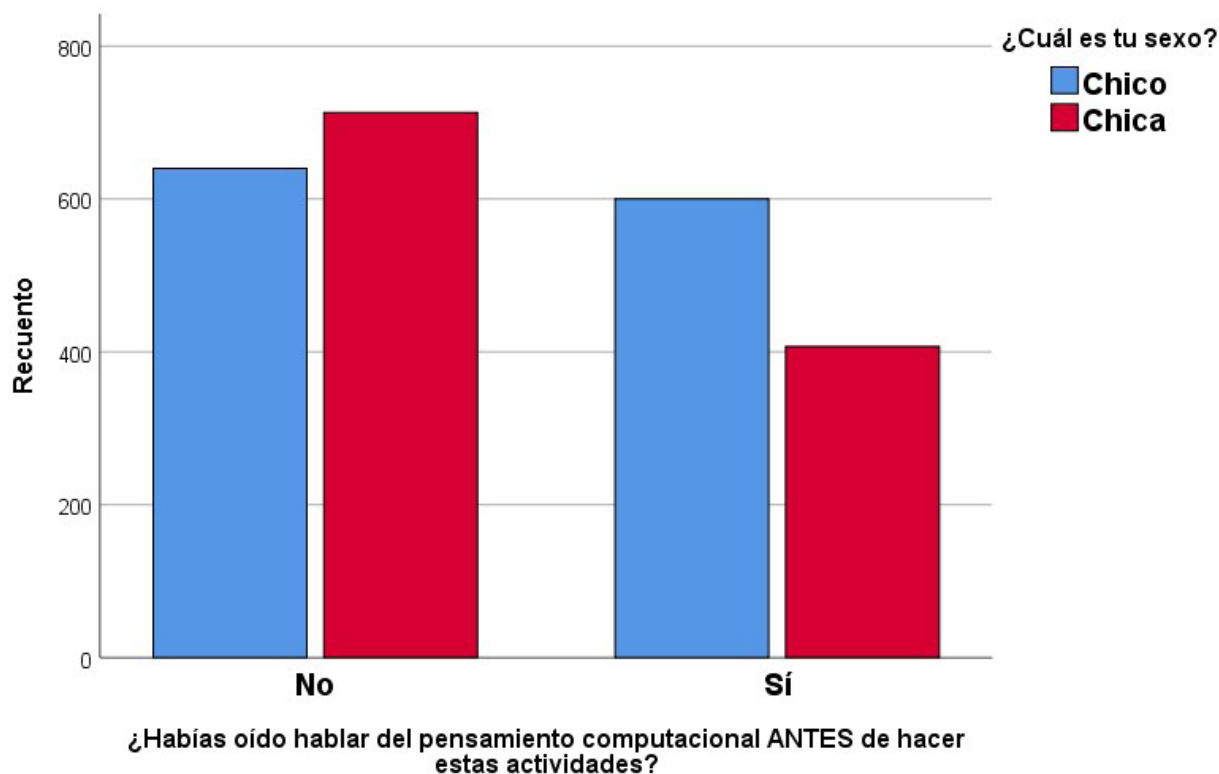
Fecha de aplicación y lugar

El cuestionario se realizó del 3 al 31 de mayo de 2021. Debido a la situación especial a causa de la pandemia COVID-19, en la que la asistencia a clase estaba condicionada por condiciones sanitarias, se permitió en casos excepcionales que las pruebas fueran realizadas en casa. Así lo hicieron 225 alumnos (un 9,2% de la muestra total), mientras que los restantes 2.228 lo hicieron en un aula de su centro educativo.

Análisis

Como se puede ver en la Figura 7, el 42,9% del alumnado participante afirma haber oído hablar del 'pensamiento computacional' con anterioridad a las actividades de la EPCIA 20/21. Se encuentra una diferencia estadísticamente significativa en dicho porcentaje según el género. Así, el 48,4% de los chicos afirma haber oído hablar previamente del pensamiento computacional, frente a solamente el 36,3% de las chicas.

Figura 7. ¿Habías oído hablar del pensamiento computacional antes de hacer estas actividades?



El 36,9% de los chicos indica que cuenta con experiencia previa en el uso de *ML4K*, frente a un 31,6% de chicas.

El 80,9% del alumnado participante afirma haber oído hablar de la 'Inteligencia Artificial' con anterioridad a las actividades de la EPCIA 20/21. Dicho porcentaje se ve afectado significativamente por la variable 'Sexo (género)'. Así, el 85,1% de los chicos afirma haber oído hablar previamente de la Inteligencia Artificial, frente a solamente el 76,2% de las chicas.

El 67,7% del alumnado participante afirma haber programado ya alguna vez en '*Scratch*' con anterioridad a las actividades de la EPCIA 20/21. Se vuelve a encontrar una diferencia estadísticamente significativa según el género de los sujetos (aunque dicha diferencia es más suave que en las dos preguntas anteriores). Así, el 69,9% de los chicos afirma tener experiencia previa programando con *Scratch*, frente a un porcentaje del 64,5% en las chicas.

El 34,7% de los participantes afirma haber utilizado ya alguna vez '*Machine Learning for Kids*' (*ML4K*) con anterioridad a las actividades de la EPCIA 20/21. Una vez más, aparecen diferencias estadísticamente significativas según el género. Así, el 36,9% de los chicos indica que cuenta con experiencia previa en el uso de *ML4K*, frente a un 31,6% de chicas.

La Tabla X ofrece la media y la mediana de los valores obtenidos en cuanto a la percepción de los estudiantes sobre las actividades de la EPCIA realizadas. La pregunta genérica era "¿En qué medida estás de acuerdo con las siguientes afirmaciones? (Escala de '0=Nada de acuerdo' a '10=Totalmente de acuerdo')". Las medias se encuentran alrededor del 7,5, con medianas en los 8, lo que apunta que los estudiantes perciben positivamente las cuestiones planteadas.

Tabla X. Percepción sobre las actividades de la EPCIA realizadas.

	Las actividades sobre pensamiento computacional e Inteligencia Artificial te han resultado fáciles .	Te has sentido motivado/a durante la realización de estas actividades	Te has divertido durante la realización de estas actividades	Sientes que has desarrollado tu pensamiento computacional a través de estas actividades	Sientes que has aprendido acerca de la Inteligencia Artificial a través de estas actividades
N° válido	2453	2453	2453	2453	2453
Media	7,02	7,27	7,55	7,17	7,75
Mediana	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Moda	8	10	10	8	10
Desviación típica	2,211	2,607	2,622	2,371	2,204

En conjunto, el alumnado participante valora haberse sentido notablemente ‘motivado’ (mediana=8) y haberse ‘divertido’ también notablemente (mediana=8) durante las actividades relativas a las EPCIA. En ligera menor medida, los participantes valoran dichas actividades como ‘fáciles’ (mediana=7), lo cual se entiende como adecuado dado que una facilidad excesiva en las actividades podría repercutir negativamente en la motivación del alumnado.

Por otro lado, el alumnado participante percibe haber desarrollado su ‘pensamiento computacional’ (mediana=8) y haber aprendido sobre ‘Inteligencia Artificial’ (mediana=8) en un grado notable, a raíz de haber realizado las actividades de la EPCIA. La percepción de aprendizaje es algo mayor en lo relativo a la IA (media = 7,75) que en lo relativo al pensamiento computacional (media = 7,17).

Globalmente, los participantes valoran en grado notable (media > 7) la importancia del ‘pensamiento computacional’ (PC) y de la ‘Inteligencia Artificial’ (IA), tanto para su futuro personal como para su futuro profesional. Se pueden añadir dos matices: por un lado, las valoraciones del pensamiento computacional y de la IA son mayores cuando se refieren al futuro profesional/como trabajadores (moda = 10) que cuando se refieren al futuro personal/como ciudadanos (moda = 8) de los participantes. Por otro lado, se valora como ligeramente más importante adquirir conocimientos sobre Inteligencia Artificial frente a desarrollar el pensamiento computacional. Es plausible interpretar que los participantes perciben como más concreto y evidentemente útil adquirir conocimientos sobre IA que desarrollar su pensamiento computacional (en abstracto).

Tabla XI. En comparación con tus ideas y percepciones previas, ¿cómo dirías que son tus ideas y percepciones actuales sobre la Inteligencia Artificial (IA)

	Frecuencia	Porcentaje
La IA es menos complicada de lo que pensabas antes.	1651	67,3
La IA es más complicada de lo que pensabas antes.	802	32,7
Total	2453	100,0

El alumnado participante valora haberse sentido notablemente ‘motivado’ y haberse ‘divertido’ también notablemente durante las actividades relativas a las EPCIA.

Tabla XII. En comparación con tus ideas y percepciones previas, ¿cómo dirías que son tus ideas y percepciones actuales sobre la Inteligencia Artificial (IA)?

	Frecuencia	Porcentaje
La IA es menos peligrosa de lo que pensabas antes.	1711	69,8
La IA es más peligrosa de lo que pensabas antes.	742	30,2
Total	2453	100,0

Tabla XIII. En comparación con tus ideas y percepciones previas, ¿cómo dirías que son tus ideas y percepciones actuales sobre la Inteligencia Artificial (IA)?

	Frecuencia	Porcentaje
La IA es menos importante para tu vida de lo que pensabas antes.	654	26,7
La IA es más importante para tu vida de lo que pensabas antes.	1799	73,3
Total	2453	100,0

En conjunto, tal y como se puede observar en las Tablas XI, XII y XIII, las actividades de la EPCIA han contribuido a desmitificar en el alumnado los prejuicios de ‘dificultad’, ‘tedio’ y ‘peligrosidad’ habitualmente asociados con la IA. En otras palabras, la mayoría del alumnado participante manifiesta que, después de haber realizado las actividades de la EPCIA, percibe la Inteligencia Artificial como ‘menos complicada’, ‘menos aburrida’ y ‘menos peligrosa’ que antes. Además, la mayoría del alumnado participante percibe que la IA es ‘más importante’ para su vida tras su paso por la EPCIA.

Siguiendo con el punto anterior, hay que señalar que el único mito asociado con la IA que no se ha conseguido desterrar es aquel que vincula necesariamente esta tecnología con los robots (cuando en realidad el ‘*machine learning*’ es *software* y no *hardware*), como se puede ver en la Tabla XIV. En este sentido, la mayoría de los participantes declaran que, después de su paso por la EPCIA, perciben a la IA como ‘más relacionada con los robots’ que antes. Este resultado implica que en próximas ediciones de la EPCIA se debería insistir en el cuestionamiento y posterior derrocamiento de este mito, que como se ha comprobado sigue muy vigente entre el alumnado.

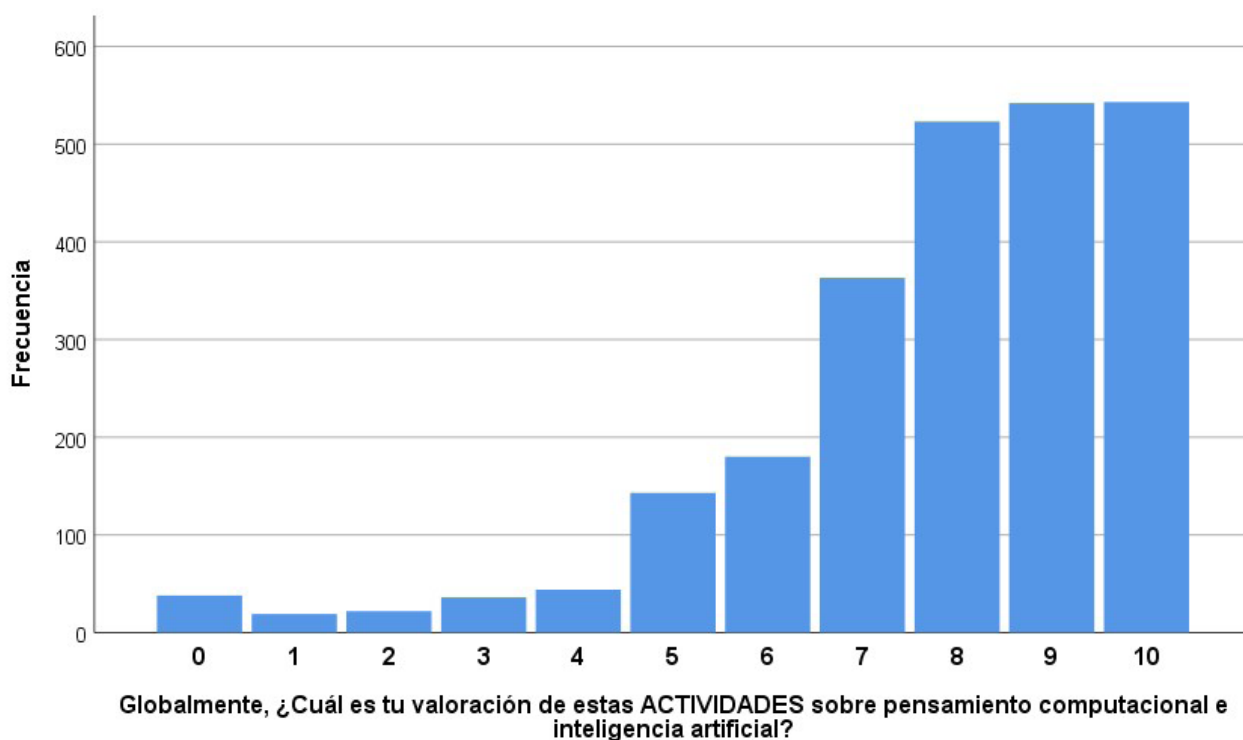
Tabla XIV. En comparación con tus ideas y percepciones previas, ¿Cómo dirías que son tus ideas y percepciones actuales sobre la Inteligencia Artificial (IA)?

	Frecuencia	Porcentaje
La IA está menos relacionada con los robots de lo que pensabas antes.	819	33,4
La IA está más relacionada con los robots de lo que pensabas antes.	1634	66,6
Total	2453	100,0

Por otro lado, si buscamos una apreciación general de las actividades realizadas, tal y como indica la Figura 8, el alumnado participante ha valorado de manera muy positiva las actividades sobre pensamiento computacional e Inteligencia Artificial llevadas a cabo.

La EPCIA ha contribuido a desmitificar en el alumnado los prejuicios de ‘dificultad’, ‘tedio’ y ‘peligrosidad’ habitualmente asociados con la IA.

Figura 8. Globalmente, ¿Cuál es tu valoración de estas ACTIVIDADES sobre pensamiento computacional e Inteligencia Artificial?



A su vez, tan solo el 11% del alumnado participante declara que no desea realizar más actividades sobre pensamiento computacional e Inteligencia Artificial durante el próximo curso (21/22). El 89% restante está abierto a continuar con actividades para desarrollar sus habilidades en pensamiento computacional y para seguir adquiriendo conocimientos sobre IA, ya sea de manera decidida (48,7%) o con algunos reparos (40,3%). En conjunto, podemos afirmar que la continuidad de la EPCIA queda apoyada y avalada por las valoraciones de los estudiantes.

Finalmente, podemos afirmar que la valoración global del alumnado participante sobre las actividades de la EPCIA 20/21 es de notable alto (media = 7,82; mediana = 8; moda = 10).

Cuestionarios de valoración (docentes)

Características de la muestra

El tamaño de la muestra válida es de 133 sujetos, con una ligera sobrerrepresentación femenina (54,14% frente al 45,86%), tal y como se puede ver en la Tabla XV. Se ha conseguido acumular una muestra válida de tamaño medio (N= 133 sujetos). La muestra está bien equilibrada en la variable ‘Sexo’.

Tabla XV. Sexo

	Frecuencia	Porcentaje
Mujer	72	54,1
Hombre	61	45,9
Total	133	100,0

La mayor parte de los docentes encuestados ejercen sus labores docentes fundamentalmente en la etapa de educación primaria (62,4%), según se puede ver de la Tabla XVI. El resto del profesorado imparte docencia en Educación Secundaria Obligatoria (36,1%). Además, un par de docentes del Nivel II declaran que su docencia se ubica fundamentalmente en Bachillerato (1,5%), que no está incluida en este nivel de la EPCIA, si bien esto se debe a que son docentes que imparten en grupos en Educación Secundaria Obligatoria, con los que han llevado a cabo la intervención, aunque imparten mayoritariamente en grupos de alumnado de Bachillerato.

Tabla XVI ¿En qué etapa educativa ejerce usted fundamentalmente su docencia?

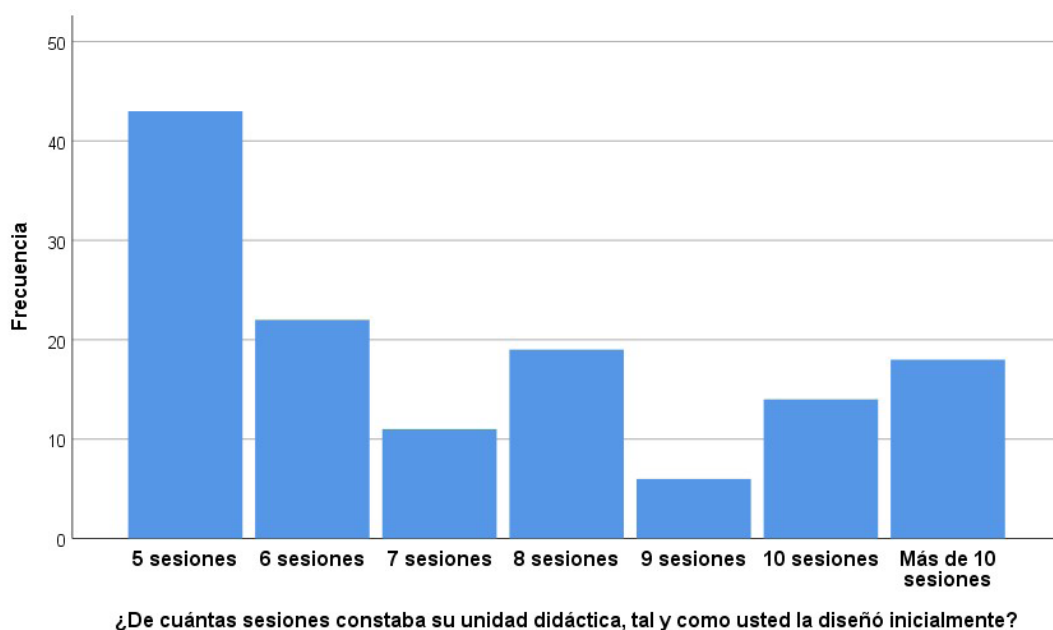
	Frecuencia	Porcentaje
Primaria	83	62,4
Secundaria	48	36,1
Bachillerato	2	1,5
Total	133	100,0

Análisis

Número de sesiones diseñadas e implementadas en la propuesta didáctica

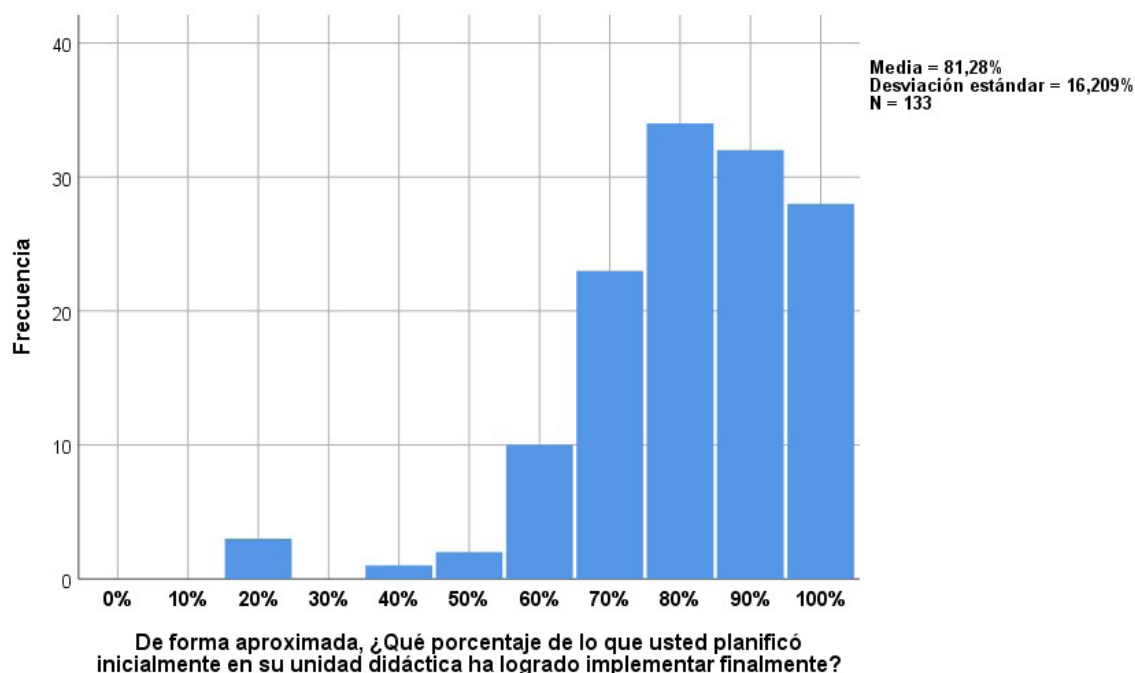
Todos los docentes encuestados diseñaron inicialmente, e implementaron finalmente en aula, al menos las 5 sesiones exigidas por la EPCIA 20/21, si bien más de la mitad del profesorado diseñó propuestas de más de 5 sesiones (véase la distribución que se muestra en la Figura 9).

Figura 9. Número de sesiones diseñadas-planificadas inicialmente.



El porcentaje promedio de implementación efectiva (en relación a lo diseñado) fue del 81,3%; lo cual es destacable dadas las dificultades organizativas derivadas de la situación de pandemia. Sólo 28 de los 133 docentes encuestados en este Nivel II consiguieron implementar el 100% de lo diseñado en la fase de formación. Se puede ver la distribución del porcentaje de implementación en la Figura 10.

Figura 10. ¿Qué porcentaje de lo que usted planificó inicialmente en su propuesta didáctica ha logrado implementar finalmente?



Asignaturas en las que se han desarrollado las propuestas didácticas

Se observa en la Tabla XVII un amplio abanico de asignaturas o áreas en las cuales los docentes declaran haber implementado su propuesta didáctica. La pregunta específica que se dirigió al profesorado fue: “¿En qué asignatura/s o área/s ha realizado usted principalmente la implementación de la propuesta didáctica? (puede marcar varias opciones)”. De un modo más concreto, destacan 6 asignaturas o áreas en las cuales al menos una veintena de docentes declaran haber implementado su propuesta didáctica, a saber (de más a menos frecuente): Tecnología, Matemáticas, Ciencias Naturales, Lengua, Informática y Ciencias Sociales. En conjunto, se concluye la idea de la transversalidad y versatilidad de los contenidos y herramientas proporcionados por la EPCIA 20/21, dado que éstos pueden ser integrados en asignaturas y áreas curriculares muy diversas.

Tabla XVII. Asignaturas/Áreas de implementación.

Asignatura o Área	Nº de docentes que han implementado en dicha asignatura o área	% sobre el total de docentes encuestados
Tecnología	38	28,6%
Matemáticas	31	23,3%
Ciencias Naturales	29	21,8%
Lengua	28	21,1%

Informática	23	17,3%
Ciencias Sociales	20	15,0%
Educación Plástica	12	9,0%
Inglés (u otros idiomas extranjeros)	11	8,3%
Educación en Valores	10	7,5%
Robótica	7	5,3%
Música	4	3,0%
Educación Física	4	3,0%

Percepción de los docentes sobre la propuesta didáctica implementada

En la Tabla XVIII se ofrece la media, la mediana y la moda de los valores obtenidos en cuanto a la percepción de los docentes sobre la propuesta didáctica implementada en el aula. La pregunta genérica era: “¿En qué medida está de acuerdo con las siguientes afirmaciones? (Escala de ‘0=Nada de acuerdo’ a ‘10=Totalmente de acuerdo’)”. Los docentes generalmente muestran una percepción positiva, si bien cabe destacar que la pregunta de si al alumnado le ha resultado fácil/sencillo realizar la propuesta didáctica con *Scratch* y *ML4K* tienden a ser más neutrales. Por otro lado, sí perciben una gran motivación por parte del alumnado, siendo la puntuación más habitual un 10.

Tabla XVIII. Percepción sobre la propuesta didáctica implementada.

	Al alumnado le ha resultado fácil/sencillo realizar la propuesta didáctica con <i>Scratch</i> y <i>ML4K</i>	El alumnado ha estado motivado durante la realización de la propuesta didáctica con <i>Scratch</i> y <i>ML4K</i>	El alumnado se ha divertido durante la realización de la propuesta didáctica con <i>Scratch</i> y <i>ML4K</i>	El alumnado ha desarrollado su pensamiento computacional como consecuencia de la propuesta didáctica con <i>Scratch</i> y <i>ML4K</i>	El alumnado ha aprendido fundamentos de Inteligencia Artificial como consecuencia de la propuesta didáctica con <i>Scratch</i> y <i>ML4K</i>
Nº Válido	133	133	133	133	133
Media	6,28	8,63	8,38	7,51	7,51
Mediana	7,00	9,00	9,00	8,00	8,00
Moda	7	10	9	7	8
Desviación típica	2,123	1,384	1,358	1,837	1,841
Mínimo	0	3	2	1	1
Máximo	10	10	10	10	10

En conjunto, los docentes consideran que el alumnado ha estado altamente ‘motivado’ (mediana=9) y que se ha ‘divertido’ también en un grado muy alto (mediana=9) durante la realización de la propuesta didáctica con *Scratch* y *ML4K*. En menor medida, los docentes consideran que dicha propuesta didáctica le ha resultado ‘fácil/sencilla’ (mediana=7) al alumnado, lo cual puede interpre-

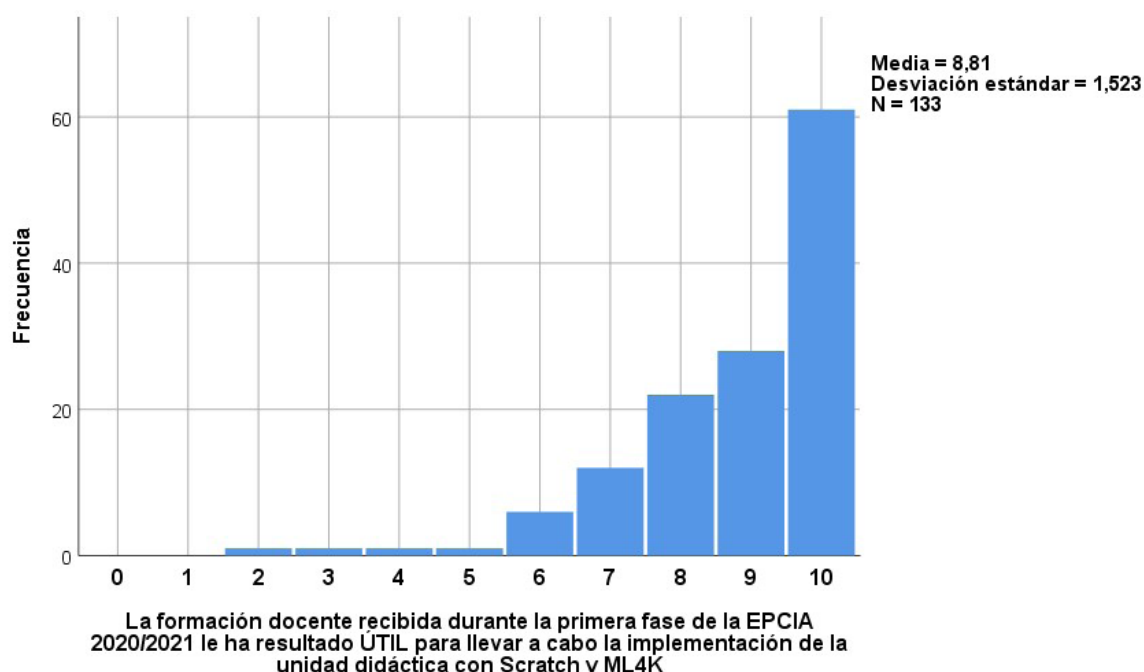
tarse como un resultado deseable pues una facilidad excesiva podría haber repercutido negativamente en la motivación de los estudiantes.

Por otro lado, los docentes de Nivel II perciben que su alumnado ha desarrollado su pensamiento computacional y ha aprendido fundamentos de Inteligencia Artificial en un grado notable (media=7,5 y mediana=8, en ambas cuestiones).

Percepción sobre utilidad de fase de formación

Como se ve en la Figura 11, los docentes consideran que la formación recibida durante la primera fase de la EPCIA 20/21 les ha resultado altísimamente 'útil' (media=8,81; mediana=9; moda=10), para llevar a cabo la posterior implementación de la propuesta didáctica con *Scratch* y *ML4K*. Así pues, se evidencia una valoración sobresaliente del profesorado de Nivel II con respecto a la formación recibida.

Figura 11. Utilidad de la formación docente recibida durante la primera fase de la EPCIA 20/21 para llevar a cabo la implementación de la propuesta didáctica con *Scratch* y *ML4K*.



En conjunto, tal y como se puede ver en la Tabla XIX, los docentes consideran que desarrollar el pensamiento computacional y aprender fundamentos de Inteligencia Artificial son cuestiones altísimamente 'relevantes' tanto para el futuro profesional como personal de sus estudiantes (media≈9; moda=10 en todo este grupo de preguntas del cuestionario).

Tabla XIX. Percepción sobre la importancia del PC y de la IA para el futuro de su alumnado.

	Desarrollar el pensamiento computacional es relevante para el futuro profesional (como trabajadores) de su alumnado	Desarrollar el pensamiento computacional es relevante para el futuro personal (como ciudadanos) de su alumnado.	Aprender fundamentos de Inteligencia Artificial es relevante para el futuro profesional (como trabajadores) de su alumnado	Aprender fundamentos de Inteligencia Artificial es relevante para el futuro personal (como ciudadanos) de su alumnado
Nº Válido	133	133	133	133
Media	9,22	8,98	9,05	8,91

Mediana	10,00	9,00	9,00	9,00
Moda	10	10	10	10
Desviación típica	1,032	1,234	1,176	1,258
Mínimo	5	5	3	5
Máximo	10	10	10	10

Cómo integrar el PC e IA en aula (transversal o a través de asignatura)

Como se puede apreciar en la Tabla XX, aproximadamente 2 de cada 3 docentes de Nivel II consideran que la mejor forma de integrar el PC y la IA en el aula es de manera transversal a varias asignaturas. El tercio restante de docentes considera que la forma óptima sería a través de una asignatura concreta.

Tabla XX. En términos generales, ¿de qué forma considera usted que es más adecuado integrar el pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial en el aula?

	Frecuencia	Porcentaje
A través de una asignatura concreta	43	32,3
De manera transversal a varias asignaturas	90	67,7
Total	133	100,0

Valoración de la adecuación de las distintas asignaturas o áreas para integrar Pensamiento Computacional (PC) e Inteligencia Artificial (IA)

Tal y como se muestra en la Tabla XXI, sólo cuatro asignaturas o áreas reciben una valoración al menos de notable (media > 7) cuando se pregunta al profesorado sobre la adecuación de las mismas para integrar la enseñanza-aprendizaje del PC y la IA; más concretamente y en orden descendiente de valoración: 'Informática' (media=9,2), 'Tecnología' (media=9,1), 'Matemáticas' (media=8,3), y 'Ciencias Naturales' (media=7,2). La pregunta, en particular, era: "Tras su paso por la EPCIA 20/21, indique en qué medida usted considera que las siguientes asignaturas o áreas son adecuadas para integrar la enseñanza-aprendizaje del pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial (Desde "0=Nada adecuada" hasta "10=Totalmente adecuada)". Cabe interpretar estos resultados como que el profesorado, aun teniendo mayoritariamente un deseo difuso de integrar transversalmente el PC y la IA, sólo percibe concretamente la adecuación de un pequeño grupo de asignaturas para realizar efectivamente dicha integración. En otras palabras, el profesorado podría necesitar más formación y ejemplos concretos de cómo integrar el PC y la IA en asignaturas no tan evidentes como las mencionadas anteriormente.

Tabla XXI. Adecuación de las distintas asignaturas o áreas para integrar el PC y la IA.

	Nº		Media	Mediana	Moda	Desviación típica	Mínimo	Máximo
	Válido	Perdidos						
Matemáticas	133	0	8,34	8,00	8	1,522	2	10
Lengua	133	0	6,99	7,00	8	2,482	0	10
Informática	133	0	9,23	10,00	10	1,132	5	10

Tecnología	133	0	9,14	10,00	10	1,205	5	10
Ciencias Sociales	133	0	6,92	7,00	8	2,253	0	10
Ciencias Naturales	133	0	7,24	8,00	8	2,133	0	10
Lengua Extranjera (Inglés u otras)	133	0	6,93	7,00	7	2,391	0	10
Música	133	0	6,37	7,00	7	2,641	0	10
Educación Física	133	0	5,40	6,00	5	2,766	0	10
Educación Plástica	133	0	6,55	7,00	7	2,607	0	10
Educación en Valores	133	0	6,29	7,00	8	2,806	0	10

Intención futura

Todo el profesorado de Nivel II encuestado contempla la posibilidad de volver a aplicar lo aprendido en la EPCIA 20/21 en su docencia del curso siguiente 21/22 (véase Tabla XXII); ya sea de modo decidido (75,9%) o con algunos reparos (24,1%). En conjunto, podemos afirmar que la continuidad de la EPCIA queda apoyada y avalada por las valoraciones de los docentes de Nivel II.

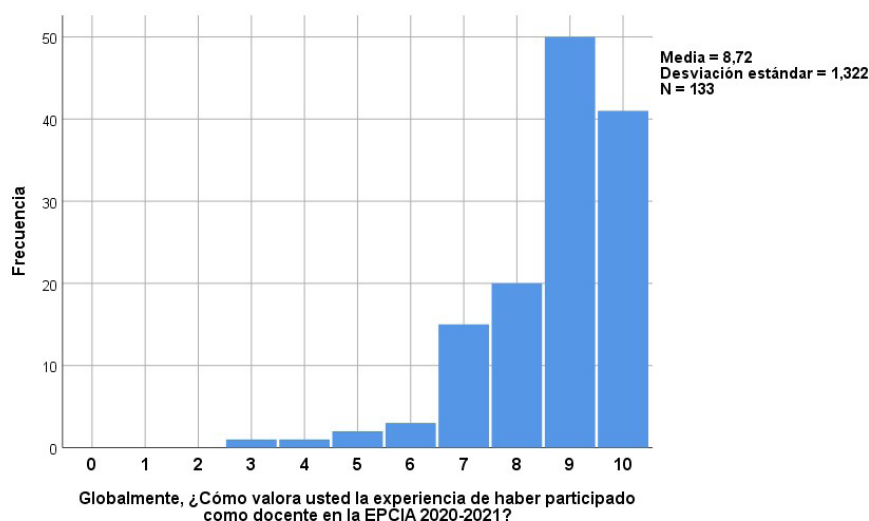
Tabla XXII. De cara al próximo curso 21/22 ¿tiene usted previsto volver a aplicar en su docencia lo aprendido a lo largo de la EPCIA 20/21?

	Frecuencia	Porcentaje
Tal vez/Quizás	32	24,1
Sí	101	75,9
Total	133	100,0

Valoración global

Finalmente, los docentes de Nivel II hacen una valoración global sobresaliente (media=8,72; mediana=9; moda=9) sobre su paso como docentes por la EPCIA 20/21.

Figura 12. ¿Cómo valora usted la experiencia de haber participado como docente en la EPCIA 20/21?



Análisis cualitativo de las respuestas abiertas y entrevistas

Para la obtención de la información y posterior análisis se han examinado las preguntas abiertas del cuestionario de valoración realizado a una muestra de 133 participantes de las etapas educativas de Educación Primaria y Educación Secundaria, así como las entrevistas abiertas que fueron desarrolladas en 4 sesiones, para las que se seleccionaron 10 docentes de Nivel II agrupados según los intereses de la investigación.

El estudio de los datos se llevó a cabo con el *software* informático Atlas.ti 9, del que se han obtenido 738 citas que recogen 19 códigos y 6 categorías centrales que han sido estudiadas mediante la técnica de análisis de contenido.

Finalmente y como resultado del proceso de análisis realizado se observan un conjunto de hipótesis emergentes que recogen las aportaciones y valoraciones que los docentes hacen de su participación en el proyecto Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial.

Descripción de la propuesta didáctica

Las propuestas didácticas que los docentes han realizado en la fase de implementación de la EPCIA se han articulado en dos ejes fundamentales: uno centrado en facilitar al alumnado conocimientos previos como medio para el trabajo con Inteligencia Artificial y otro orientado al desarrollo de propuestas didácticas vinculadas a contenidos del currículo oficial.

Por lo que respecta al primero, los docentes han trabajado propuestas didácticas para que el alumnado se iniciara en la programación de *Scratch* y, de forma sencilla, aprender el funcionamiento e importancia de trabajar con la Inteligencia Artificial. Para ello han creado modelos de *ML4K* con la intención de que el alumnado observara y entendiera de forma activa el funcionamiento de la IA así como su aplicación práctica.

En cuanto a las propuestas didácticas de corte curricular, los docentes han trabajado con *Scratch* y *ML4K* desde perspectivas interdisciplinares y/o transversales al currículo, o a través de áreas diferenciadas tales como Matemáticas, Lengua, Ciencias Sociales, Música, y con actividades relacionadas, por ejemplo, con el reciclaje o la vida saludable, para las que el alumnado ha entrenado el asistente virtual con distintas funciones como el reconocimiento de hábitos saludables o un asistente de biblioteca.

Valoración y consejos de los docentes participantes

Los docentes participantes de la Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial (EPCIA) 20/21 nos han trasladado, en primer lugar, cómo ha influido en el desarrollo de las actividades la situación sanitaria que se ha atravesado durante el curso 20/21, que les ha obligado a extremar las precauciones para evitar contagios y que les ha dificultado en más de una ocasión la consecución de las tareas de cada una de las tres fases del proyecto (formación, implementación de proyectos e investigación). Sin embargo, estas dificultades que pueden surgir al trabajar a distancia con el alumnado son un aspecto en el que no ha habido consenso entre los participantes. De hecho, para algunos docentes ha sido un elemento que ha supuesto una complicación añadida, especialmente en lo relativo a los esfuerzos que han sido necesarios para mantener la atención del alumnado, mientras que otra parte de los participantes de esta edición de la EPCIA no destacan inconvenientes en este sentido. Es necesario en este punto, independientemente del grado de dificultad encontrada por los docentes, destacar y agradecer a los docentes y alumnado el esfuerzo realizado a lo largo del proyecto, su implicación y su colaboración, que ha sido esencial para alcanzar los resultados que se presentan en esta publicación.

Por otro lado, los docentes destacan también un aspecto más técnico en la introducción y desarrollo en el aula de actividades en el ámbito del pensamiento computacional e Inteligencia Artificial y que puede generar dificultades en su desarrollo. Se trata de la necesidad de observar los medios disponibles y necesarios en las actividades que se diseñen y pongan en práctica con el alumnado, tales como materiales digitales, conectividad, aulas específicas y su disponibilidad, etc. Esta observación se convierte en una recomendación para todos aquellos docentes que quieran implementar alguna actividad como las que los participantes han llevado a la práctica en el proyecto. De un modo más concreto, los participantes señalan la importancia de valorar previamente y tener en cuenta aspectos como el número de licencias que se pueden necesitar, y que proporcionan las herramientas, o la interoperabilidad entre aquellas herramientas que se seleccionen y se utilicen, de modo que no interfieran en el desarrollo de todo el proceso y faciliten el trabajo, la motivación y el aprendizaje del alumnado.

Otro de los elementos que nos apuntan los docentes participantes es la importancia de conocer el punto de partida del alumnado para hacer frente al trabajo con herramientas como *Scratch* o *ML4K*, de modo que no suponga una dificultad añadida para el profesorado a la hora de implementar este tipo de actividades. No solo es importante que el docente se haya formado previamente, como ocurrió en la Fase 1 del proyecto, sino también no dar por sentado que el alumnado, al ser supuestos nativos digitales, cuentan con una experiencia o un conocimiento que realmente no tienen, como nos relatan algunos de los participantes durante la fase de implementación del proyecto.

En este ámbito pedagógico, los docentes han destacado también aquellos aspectos que son relevantes igualmente en sus tareas diarias y sus asignaturas, como la atención a la diversidad del alumnado, haciendo las adaptaciones necesarias para mantener su interés a medida que la implementación de la propuesta didáctica se hacía más compleja. En este sentido y en lo relativo a las actividades desarrolladas en este proyecto, los docentes están de acuerdo en que contar con un nivel inicial adecuado de conocimientos de *Scratch* es imprescindible para que el desarrollo de las sesiones no complique innecesariamente los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Más allá de estos aspectos técnicos y pedagógicos, algunos participantes han trasladado que es importante igualmente medir el esfuerzo necesario para desarrollar este tipo de actividades, desde la inversión de tiempo para la formación propia, como la medición adecuada de los periodos lectivos a invertir en la preparación y desarrollo de actividades, su conexión con la programación de la asignatura que las incluya o su integración en el curso. A modo de resumen y basándose en su propia experiencia en el proyecto EPCIA, los docentes insisten y destacan los siguientes puntos:

- La importancia de los medios tecnológicos disponibles, desde los propios dispositivos, a la conectividad o la disponibilidad de espacios específicos.
- Los grupos reducidos de alumnado son más manejables y funcionan mejor con este tipo de actividades, con lo que el uso de desdobles o talleres es recomendable, si se cuenta con esta posibilidad.
- La libertad concedida al alumnado para el desarrollo de un tema libre permite valorar mejor el grado de interiorización de los contenidos.
- Evaluar los conocimientos previos del alumnado sobre conceptos básicos para las actividades que se van a poner en práctica, por ejemplo, si es necesario contar con experiencia con *Scratch* antes de comenzar con *ML4K*.
- El número de sesiones de la propuesta didáctica que se diseñe, teniendo en cuenta si es necesaria una formación previa, el tiempo para todas las actividades a desarrollar o las horas de las que se dispone para ello, de modo que se pueda desarrollar el trabajo de manera paulatina y relajada con el alumnado.

Valoración de la formación docente en la EPCIA 20/21

La formación recibida es uno de los aspectos más positivos reseñados por los participantes de la EPCIA. En este sentido, el trabajo promovido para ampliar la formación, tanto de los docentes como del alumnado, es fundamental para los docentes ya que, desde su perspectiva, maneja contenidos que conectan con los intereses de los estudiantes, considerándolo una formación esencial para preparar a las nuevas generaciones de alumnado.

Así, los nuevos aprendizajes sobre Inteligencia Artificial y *Scratch* han sido muy bien valorados. La posibilidad de llevarlos a la práctica, dentro del aula, ha resultado una experiencia muy positiva para los docentes. Éstos han declarado el alto nivel de motivación observado entre su alumnado, gracias a una metodología educativa que consideran más atractiva y adecuada para los procesos educativos.

Su satisfacción, además, gira en torno a elementos que han considerado esenciales para la mejor comprensión y aplicación de los conceptos relacionados con la programación e Inteligencia Artificial. Entre ellos se destacan:

- La atención de los tutores que, según sus testimonios, ha sido excelente.
- Los contenidos teóricos, calificados como suficientes y de calidad.
- El material que se les ha facilitado, especialmente los tutoriales, que destacan entre los aspectos mejor valorados.

Por otro lado, con vistas a evitar dificultades en la adquisición y desarrollo de capacidades y competencias en el profesorado, los participantes de Nivel II de la EPCIA nos trasladan que sería positivo:

- Adaptar la formación para contemplar el nivel y ritmo de aprendizaje de cada docente o el nivel educativo y materia que imparte, entre otros, aspectos que inciden en la necesidad de profundizar en mayor o menor medida en distintos puntos del pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial y en el diseño y desarrollo de las propuestas didácticas para implementar con el alumnado.
- Contar con un banco de proyectos para compartir con otros docentes e incorporar una biblioteca de acceso permanente con todos los materiales formativos. Esta propuesta ya está siendo implementada, como se puede observar en el listado de proyectos recogidos en el Anexo 3.

Conclusiones del análisis cualitativo

Atendiendo a una perspectiva general, pese a las complicaciones y dificultades transmitidas, los docentes han confirmado su voluntad de continuar desarrollando propuestas didácticas como las trabajadas, evidenciado su entusiasmo y satisfacción por haber participado en la Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial. En este sentido, además de la buena valoración que han realizado del proceso de formación observan, de manera muy positiva, las posibilidades que los aprendizajes incorporados les ofrecen para el trabajo en el aula desde una perspectiva interdisciplinar y transversal.

Con independencia de la materia o disciplina desde la que se trabaje, los participantes opinan que el pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial son ámbitos de actualidad que deben considerarse relevantes para los estudiantes. Esto es así, porque además de ser habilidades y conocimientos que ha de desarrollar el alumnado para el trabajo con las tecnologías, presentan una forma de aprender más atractiva, motivadora y conectada con los intereses de los jóvenes del siglo XXI.

Los docentes coinciden en afirmar que este tipo de aprendizajes son necesarios para que los estudiantes afronten una realidad social y empresarial que reclama, con mayor frecuencia, personas con aptitudes digitales, directamente relacionadas con la programación e Inteligencia Artificial. En

esta línea de argumentación se destaca la importancia de formar alumnado competente, capaz de ser crítico con la información que recibe a través de las redes, como *fake news*, control de publicidad, entre otros. Para ello, tal y como expresan los docentes, se plantea la idea de incluir este tipo de formación, como contenido dentro de la programación didáctica y destacan que su labor en este sentido debe estar orientada a conducir el aprendizaje para hacer realidad esa meta.

Por ello, los docentes creen que deberían contemplarse, de algún modo en el currículo oficial, los contenidos relacionados con el PC y la IA, aunque reconocen que, para hacerlo realidad, es necesario articular estos aprendizajes por niveles de complejidad y teniendo en cuenta el curso y ciclo al que van a dirigirse.

Para lograrlo, es imprescindible disponer de recursos suficientes para llegar a todo el alumnado y contar con profesorado adecuadamente formado para el trabajo con estas herramientas, de manera que se pueda garantizar la atención adaptada a la realidad de las aulas y de los centros, así como a la diversidad de alumnado y ritmos de aprendizaje.

Análisis de proyectos Scratch

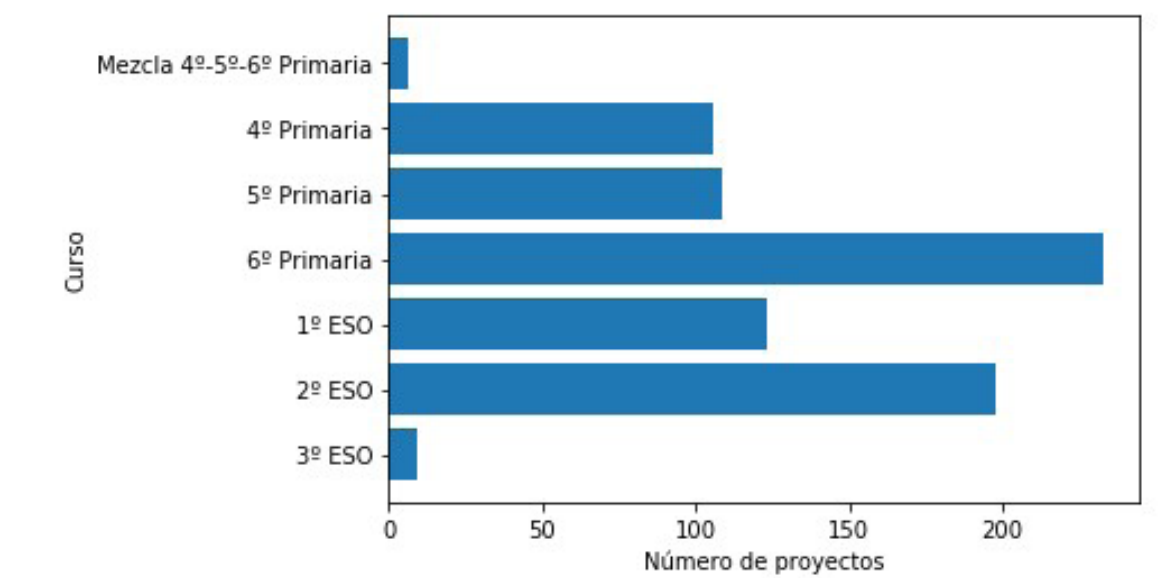
Características de la Muestra

El número de proyectos totales analizados ha sido de 785. Estos proyectos han sido elaborados en distintos cursos como se puede observar en la Figura 13. Se puede comprobar que los cursos donde se obtienen más proyectos son 6.º de primaria y 2.º de la ESO. Además, hay 6 proyectos de una clase donde el alumnado de 4.º, 5.º y 6.º de primaria compartía aula.

Hay evidencia de que la recogida de datos y el muestreo de proyectos han sido válidos, dado que:

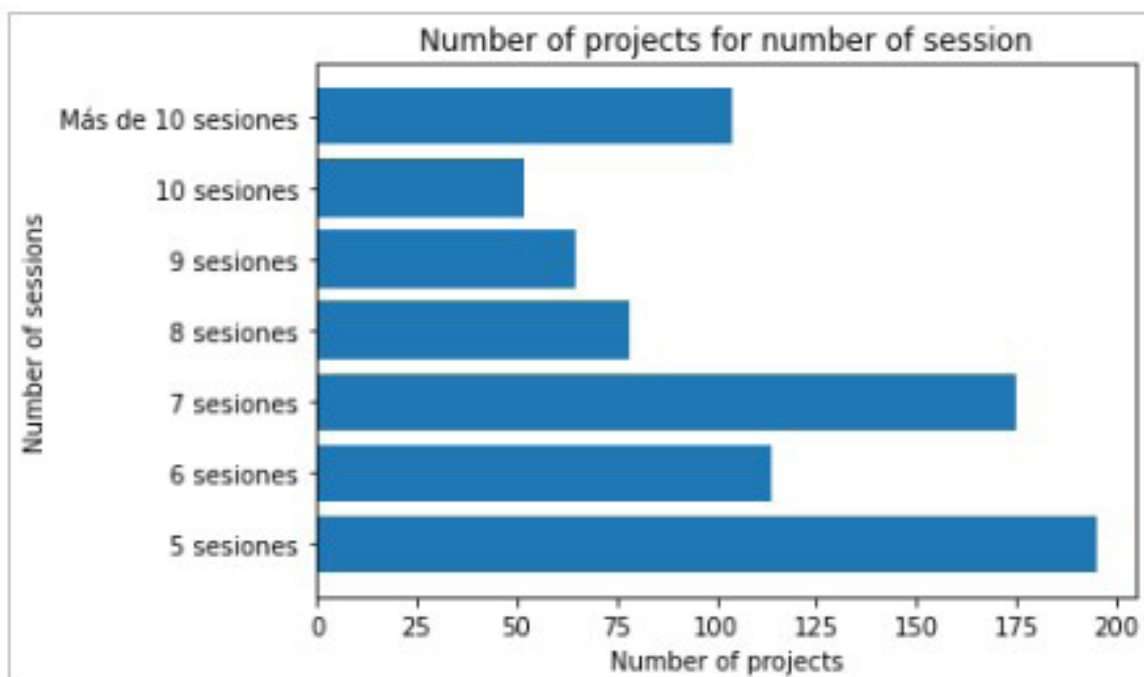
- Los cursos que aportan más proyectos son, en este orden, 6.º primaria y 2.º ESO. Esto coincide exactamente con los dos cursos que aportan más respuestas al cuestionario de estudiantes. Es decir, hay consistencia entre ambas fuentes de datos, lo que contribuye a su validación cruzada.
- Hay proyectos procedentes de 128 centros educativos diferentes, lo que coincide casi exactamente con el número de docentes que respondieron al cuestionario de Nivel II (133 docentes). Es decir, el muestreo de proyectos es representativo (casi exhaustivo) a nivel de centros.

Figura 13. Gráfica comparativa de proyectos por curso.



Los docentes participantes diseñaron inicialmente, e implementaron finalmente en el aula, al menos las 5 sesiones exigidas por la EPCIA 20/21 (como se mostró ya en la Figura 9). De esta manera, contamos con proyectos que son fruto de un número diferente de sesiones en las que el alumnado ha podido participar. La Figura 14 muestra la distribución de proyectos según el número de sesiones. Se puede observar cómo los proyectos más comunes son aquéllos realizados en 5 y 7 sesiones.

Figura 14. Número de proyectos según el número de sesiones (todos).



Las Figuras 15 y 16 muestran la distribución de proyectos según el número de sesiones, pero teniendo en cuenta si el alumnado es de primaria (Figura 15) o de secundaria (Figura 16). Como se puede ver, el número de sesiones más frecuente en primaria fue de 5, seguido muy de lejos por los demás. En secundaria, por contra, el número de sesiones más frecuente fue de 7.

Figura 15. Número de proyectos según el número de sesiones (primaria).

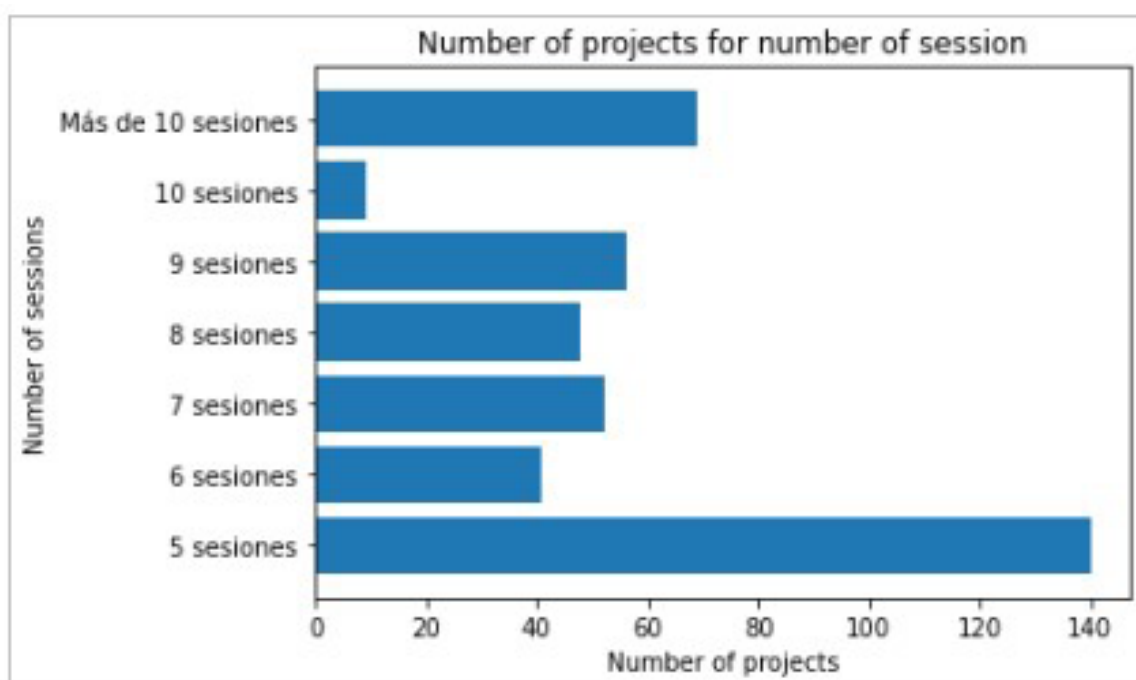
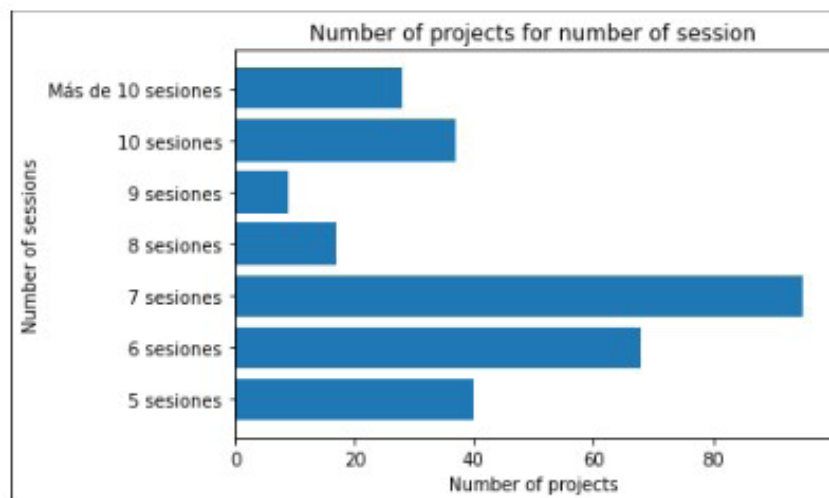


Figura 16. Número de proyectos según el número de sesiones (secundaria).

Análisis

Si tenemos en cuenta la expresividad de los proyectos de *Scratch* analizados, el nivel global es medio-bajo (media 9,1 y mediana 9,0 sobre un total de 21). La Tabla XXIII ofrece información sobre las puntuaciones medias de las siete diferentes dimensiones en las que se mide la expresividad en *Scratch*. Estas puntuaciones pueden fluctuar por cada dimensión entre 0 y 3.

Se puede observar que hay poca variabilidad en las puntuaciones de los proyectos: alrededor del 70% de los proyectos se encuentran en el rango entre los 8 y 12 puntos. Esto es debido a que los docentes han propuesto en aula mayoritariamente proyectos muy parecidos, siendo estos a su vez similares a los ejemplos que se han dado durante la fase de formación. Esto también se intuye a raíz del patrón constante de puntuaciones en las distintas dimensiones medidas, que es muy consistente con lo esperable para un proyecto de *Scratch* que incorpora IA: alta interactividad con el usuario, alto pensamiento lógico y alto control de flujo.

Este resultado sugiere que se ha puesto más énfasis en la concepción, construcción y entrenamiento del modelo de *machine learning* que en su implementación posterior como un proyecto de programación complejo. Cabe destacar que este resultado es coherente con la formación recibida en la EPCIA, ya que ésta se centraba más en los aspectos relacionados con el modelo de *machine learning* que en el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional.

Tabla XXIII. Tabla comparativa de media y mediana por bloque de puntuación y grupo.

Bloque de puntuación	Media		Mediana	
	Primaria	Secundaria	Primaria	Secundaria
Lógica	1,47	1,66	2,0	2,0
Control de flujo	1,71	1,79	2,0	2,0
Sincronización	1,35	1,27	1,0	1,0
Abstracción	0,70	0,73	1,0	1,0
Representación de datos	1,10	1,31	1,0	1,0
Interactividad de usuario	1,92	1,94	2,0	2,0
Paralelización	0,57	0,74	0,0	0,0

Finalmente, los resultados son prácticamente idénticos en primaria y secundaria. Bien es cierto que en secundaria los resultados son ligeramente mayores, pero es una diferencia muy poco relevante. En este sentido, se puede decir que se ha encontrado un “efecto techo” en la realización de los proyectos: ha pesado más el tipo de proyecto propuesto por los docentes (muy homogéneo, y algo estrechamente derivado de los ejemplos que hayan visto en la formación) que la potencial capacidad de los estudiantes (tanto madurativa como de experiencia previa en programación, que siempre será mayor en secundaria que en primaria) para realizar proyectos más ambiciosos.

Tabla XXIV. Tabla comparativa de media por número de sesiones y grupo.

Grupos Sesiones	5	6	7	8	9	10	Más de 10
Primaria	9,4	10,8	7,3	9,6	7,7	6,6	8,6
Secundaria	8,4	10,0	9,0	10,2	12,4	10,9	8,4

De la Tabla XXIV se puede extraer la conclusión de que en primaria parece que el número de sesiones prácticamente no afecta a la complejidad de los proyectos. Sin embargo, en secundaria sí se intuye que contar con un mayor número de sesiones se asocia con romper ese “efecto techo”. En otras palabras, parece que contar con más sesiones en secundaria sí permite generar proyectos de mayor complejidad.

Síntesis de buenas prácticas

El procedimiento para elaborar este apartado fue el siguiente: se solicitó a los tutores de la EPCIA, responsables de la formación y del seguimiento de la implementación de los docentes participantes en Nivel II, que seleccionaran, según su criterio, las propuestas didácticas más destacables de entre las realizadas por sus tutorizados (máximo 2 propuestas didácticas seleccionadas por cada tutor). Posteriormente, se hizo llegar el conjunto de propuestas didácticas seleccionadas al equipo externo de investigación. Concretamente, los investigadores recibieron un total de 10 propuestas didácticas, anonimizadas, seleccionadas en este Nivel II. Sobre dicho conjunto de propuestas didácticas, dos investigadores realizaron una observación-análisis independiente con el objetivo de sintetizar y extraer los elementos comunes que tienden a repetirse en todas ellas. La hipótesis latente del procedimiento es la siguiente: si se detectan elementos comunes a lo largo de la mayoría de las propuestas didácticas que han sido valoradas como excelentes por los tutores, dichos elementos podrían ser considerados como principios o directrices que orienten en el futuro a los participantes de próximas ediciones de la EPCIA en el diseño e implementación de sus buenas prácticas.

Con independencia de la temática que se haya trabajado, las propuestas didácticas coinciden en tres puntos fundamentales que nos pueden ayudar a plantear, para futuras ediciones de la EPCIA, algunas recomendaciones en forma de Buenas Prácticas para los docentes que deseen participar.

Objetivos

Respecto a la formulación de objetivos, más allá de los relacionados con el conocimiento y manejo de *Scratch* y *ML4K*, los docentes plantean objetivos que permitan al alumnado comprender la importancia que la Inteligencia Artificial tiene como elemento fundamental para afrontar los retos de la sociedad de la información y el conocimiento. En este aspecto señalamos algunos ejemplos como:

1. Mostrar la programación como elemento para la resolución de problemas cotidianos.
2. Trabajar la competencia matemática, científica y tecnológica para aplicar los conocimientos y la tecnología a las necesidades humanas.

3. Aprender el uso seguro y de forma crítica de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para el trabajo, el ocio y la comunicación.
4. Entender los retos que presenta la IA y su aprovechamiento para mejorar nuestra calidad de vida.
5. Reconocer cómo los sistemas informáticos que se utilizan en el día a día hacen uso de la IA para percibir el mundo analizando el impacto de la IA en nuestra sociedad, tanto en lo positivo como en lo negativo.
6. Difusión del trabajo realizado entre sus propios compañeros de clase así como a la comunidad educativa.

Metodología

Respecto a la metodología que se ha implementado cabe señalar que, de igual modo que en los objetivos, las mejores propuestas didácticas presentan como eje central la participación y trabajo colaborativo desde el principio que observa al alumno como protagonista de su proceso de aprendizaje. Así, desde el enfoque de la investigación acción, aprendizaje por descubrimiento y aprendizaje significativo se han planificado un conjunto de actuaciones cuyo eje común se sostiene en:

- Plantear actividades desde el aprendizaje colaborativo y participativo
- Promover el trabajo en equipo
- Dar protagonismo al alumnado
- Fomentar el aprendizaje inductivo

Estas bases han servido a los docentes para llevar a la práctica propuestas didácticas que han sido estructuradas en tres partes fundamentales y que consideramos les han permitido llevar con éxito el conjunto de la propuesta didáctica y de la que señalamos algunas propuestas:

Antes de comenzar con IA y Scratch

- A. Iniciar la propuesta didáctica con una actividad dando información al alumnado del contenido curricular que se va a trabajar (prehistoria, COVID-19, hábitos de vida saludable, geometría y semejanza de triángulos, entre otros).
- B. Formar equipos que deben investigar un tema o contenido curricular para después explicarlo a la clase.
- C. Hacer una lluvia de ideas sobre el tema que se va a trabajar.

Las mejores propuestas didácticas presentan como eje central la participación y trabajo colaborativo desde el principio que observa al alumnado como protagonista de su proceso de aprendizaje.

Trabajando con IA y Scratch

- A. Presentar o recordar al grupo las nociones básicas de IA y Scratch.
- B. Mostrar ejemplos al alumnado de otras propuestas didácticas.
- C. Dejar al alumnado “trastear” con la aplicación para familiarizarse con ella, ver tutoriales de la propia página.
- D. Trabajo de la propuesta didáctica elegida aplicando Scratch y ML4K.
- E. Presentación a la clase de cada proyecto.

Evaluación

Atendiendo al principio enunciado de alumno como protagonista de su proceso educativo, la evaluación de la propuesta didáctica por parte de los docentes se ha vertebrado en tres momentos fundamentales:

- A. Evaluación continua y flexible
- B. Coevaluación y autoevaluación, mediante rúbrica
- C. Evaluación final del proyecto realizada por cada alumno

Conclusiones finales

A modo de **introducción de este apartado de conclusiones finales**, se desea hacer hincapié en un par de cuestiones que han estado latentes a lo largo de todo el documento:

- En conjunto, **este informe ha dado cuenta de una investigación que ha involucrado muestras de gran tamaño (más de 2.000 estudiantes y más de 100 docentes) a nivel del territorio nacional**. En este sentido, la investigación realizada destaca por ser uno de los estudios a mayor escala que hasta el momento se han acometido en el mundo al respecto del desarrollo del pensamiento computacional (PC) y de la adquisición de fundamentos sobre Inteligencia Artificial (IA) en estas edades (≈ 10 -14 años).
- Además, **la investigación realizada destaca por haber utilizado técnicas e instrumentos tanto cuantitativos como cualitativos**; recogiendo información de diversos tipos de fuentes: estudiantes, docentes y productos-proyectos. Es decir, el presente informe ha dado cuenta de una investigación que destaca por su metodología mixta y comprensiva, que permite triangular resultados y obtener interpretaciones de mayor profundidad.

También como antesala de las conclusiones, se desea hacer constar de manera sintética algunas **dificultades que se han detectado durante el desarrollo de la EPCIA 20/21 dentro del Nivel II**. Más allá de la valoración global positiva del profesorado de Nivel II hacia la EPCIA 20/21, el análisis cualitativo en profundidad, llevado a cabo principalmente a través de entrevistas grupales a docentes, ha posibilitado evidenciar también algunas dificultades e inconvenientes trasladados por los participantes durante el proyecto, a saber:

- A. Algunos participantes han encontrado dificultades para contar en sus centros educativos con los equipos informáticos que precisaban para sus propuestas didácticas o tareas relacionadas con el proyecto.
- B. Las tareas propias de la investigación, que incluían la gestión por parte de los participantes de los test y pruebas tanto de docentes como de alumnado en la investigación, han requerido una dedicación elevada de tiempo, lo que ha afectado a la organización de otras tareas y actividades.
- C. En relación con el punto anterior, la necesidad de realizar el proyecto en un mismo curso, dificulta el desarrollo pleno de la propuesta didáctica de más de 5 sesiones de clase.
- D. A lo largo del desarrollo de actividades durante la fase de implementación con el alumnado, los participantes experimentaron algunas dificultades derivadas de las limitaciones intrínsecas a la herramienta *'Machine Learning for Kids' (ML4K)*.

La investigación realizada destaca por ser uno de los estudios a mayor escala que hasta el momento se han acometido en el mundo.

- E. También cabe destacar que los conocimientos y habilidades previas de los docentes participantes eran variadas, lo que en algunos casos se ha traducido en la falta de conocimientos mínimos previos sobre programación en *Scratch* que se ha sumado a la falta de prácticas de mayor complejidad en la formación. Estos distintos ritmos y niveles de los estudiantes, tanto por exceso como por defecto, han complicado las tareas y actividades de los participantes.

Las **conclusiones principales** de este informe sobre la Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial (EPCIA) 20/21 en su Nivel II (*Scratch y Machine Learning for Kids*) son:

- **Los test y pruebas utilizados han sido fiables.** Más concretamente al respecto de los test o pruebas de corte cuantitativo que se han utilizado, el Test de Pensamiento Computacional (TPC) y la Prueba de conocimientos sobre Inteligencia Artificial (P-IA); es muy destacable que en la presente investigación se han podido obtener mediciones fiables en ambos casos. Ello es ya de por sí una contribución de esta investigación a la comunidad educativa, pues se ha evidenciado que es posible medir con precisión el PC y los conocimientos sobre IA en población escolar española de 4.º primaria a 2.º ESO. **Ambos instrumentos, TPC y P-IA, son de acceso libre y gratuito para toda la comunidad educativa (bajo petición a los autores de esta investigación), que puede beneficiarse de contar para el futuro con test y pruebas fiables en este ámbito.**
- **El proyecto ha contribuido a mejorar el PC y los conocimientos sobre IA de los participantes.** Se ha evidenciado que las propuestas didácticas implementadas en el marco de la EPCIA 20/21 han contribuido a desarrollar el pensamiento computacional de los participantes y a elevar su nivel de conocimientos sobre Inteligencia Artificial. Es decir, en conjunto la EPCIA 20/21 ha tenido un efecto positivo sobre el PC y los conocimientos de IA de los participantes. Este efecto ha sido sólo de tamaño ‘pequeño-moderado’ en el caso del PC ($d=0,27$) y, de manera muy destacada, de tamaño ‘moderado’ en el caso de los conocimientos sobre IA ($d=0,42$). El impacto positivo ha sido consistente en ambos sexos y a lo largo de los distintos cursos; y es especialmente destacable dado que se ha conseguido tras un número relativamente limitado de sesiones en aula (típicamente, 5 sesiones). **En conjunto, la investigación apoya la afirmación de que la EPCIA 20/21 ha sido un éxito y eficaz en cuanto a los objetivos que pretendía.**
- **El impacto del proyecto ha sido mayor sobre los conocimientos de IA que sobre el desarrollo del PC.** El hecho de que la EPCIA 20/21 en este Nivel II haya tenido un mayor impacto positivo sobre los conocimientos de IA que sobre el desarrollo del PC del alumnado participante era esperable y consistente con la propia concepción de la intervención: la enseñanza-aprendizaje de la programación con *Scratch* (con el subsiguiente desarrollo del PC) no ha sido el objetivo principal de la EPCIA 20/21 sino únicamente el medio para articular proyectos que involucrasen contenidos de IA, contenidos que han sido el foco de la intervención. Esta afirmación es apoyada igualmente por el análisis realizado sobre los proyectos de *Scratch* entregados durante esta edición de la EPCIA, cuyo nivel de complejidad es medio-bajo y notablemente homogéneo a lo largo de todos los cursos participantes.
- **La valoración del alumnado participante sobre la EPCIA 20/21, ha sido globalmente positiva (notable alto).** Los participantes se han sentido notablemente motivados y se han divertido también notablemente con las propuestas didácticas implementadas en el aula. Igualmente, los participantes valoran en grado notable el desarrollo de su PC y la adquisición de conocimientos sobre IA a raíz de haber participado en la escuela; así como valoran también en grado notable la importancia del PC y de la IA en su futuro personal y profesional. En consecuencia lógica con lo anterior, 9 de cada 10 estudiantes participantes declaran finalmente su deseo de recibir más actividades sobre Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial en

el siguiente curso 21/22. Así pues, **en conjunto podemos afirmar que la continuidad de la EPCIA queda avalada por las percepciones de los estudiantes.**

EPCIA 20/21 han contribuido a desarrollar el pensamiento computacional de los participantes y a elevar su nivel de conocimientos sobre Inteligencia Artificial.

- **Las propuestas didácticas implementadas han contribuido a desterrar y desmitificar la mayor parte de los prejuicios asociados a la IA ('dificultad', 'tedio' y 'peligrosidad').** En otras palabras, la mayoría del alumnado participante manifiesta que, después de haber realizado las actividades de la EPCIA, percibe la Inteligencia Artificial como 'menos complicada', 'menos aburrida' y 'menos peligrosa' que antes. Además, la mayoría de los participantes perciben que la IA es 'más importante' para su vida tras su paso por la EPCIA.
- **Se ha detectado una brecha de género tanto en conocimientos previos como en experiencia previa sobre estos temas.** Las chicas han 'oído hablar' significativamente menos que los chicos acerca del pensamiento computacional y de la Inteligencia Artificial, y de nuevo las chicas manifiestan una menor experiencia previa que los chicos al respecto de las herramientas utilizadas en el proyecto (*Scratch* y *ML4K*).
- **La valoración del profesorado participante sobre la EPCIA 20/21 ha sido globalmente muy positiva (sobresaliente).** En conjunto, los docentes han declarado que el alumnado ha estado altamente motivado y que se ha divertido también en un grado muy alto durante la realización de la propuesta didáctica con *Scratch* y *ML4K*; percibiendo además que el alumnado ha desarrollado su PC y ha aprendido fundamentos de IA en un grado notable. Además, se ha evidenciado de manera muy destacable que los docentes consideran que tanto desarrollar el pensamiento computacional como aprender fundamentos de Inteligencia Artificial son cuestiones altísimamente 'relevantes' tanto para el futuro profesional como personal de sus estudiantes. Esta afirmación queda apoyada igualmente por los análisis cualitativos acometidos, que revelan claramente la opinión del profesorado sobre la enorme importancia que tiene incluir estos temas en los currículos y en la formación de las nuevas generaciones de estudiantes; tanto por los contenidos que involucran (PC e IA) como por las metodologías activas que promueven (aprendizaje inductivo, colaborativo y por proyectos).
- **Los docentes consideran que la formación recibida durante la fase inicial de la EPCIA 20/21 les ha resultado altísimamente útil para llevar a cabo la posterior implementación de la propuesta didáctica con *Scratch* y *ML4K*.** En consecuencia lógica de este punto y del anterior, encontramos que el 100% del profesorado de Nivel II contempla la posibilidad y declara su deseo, con mayor o menor grado de entusiasmo, de volver a aplicar lo aprendido en la EPCIA 20/21 en los cursos venideros. En otras palabras, podemos afirmar que **la continuidad de la EPCIA queda también avalada por las valoraciones de los docentes de este nivel.**
- **Al respecto de las propuestas didácticas, todos los docentes de Nivel II diseñaron inicialmente, e implementaron finalmente en aula, al menos las 5 sesiones exigidas por la EPCIA 20/21;** siendo el porcentaje promedio de implementación efectiva (en relación a lo diseñado) del 81,3%. Este alto nivel de implementación es muy destacable y valorable, dadas las dificultades y tensiones organizativas que ha sufrido el sistema educativo a lo largo de dicho curso derivadas de la pandemia. En este sentido, hay que reconocer y felicitar a los docentes participantes por el esfuerzo y el buen hacer realizados.

Los docentes han declarado que el alumnado ha estado altamente motivado y que se ha divertido también en un grado muy alto durante la realización de la propuesta didáctica con *Scratch* y *ML4K*.

- **Se ha evidenciado un amplio abanico de asignaturas o áreas en las cuales los docentes han desarrollado su propuesta didáctica.** En este sentido, se observan hasta 6 asignaturas o áreas en las cuales al menos una veintena de docentes de Nivel II declaran haber implementado su propuesta didáctica: Tecnología, Matemáticas, Ciencias Naturales, Lengua, Informática y Ciencias Sociales. En conjunto, ello nos permite afirmar la notable transversalidad y versatilidad de los contenidos y herramientas proporcionados por la EPCIA 20/21, dado que éstos han podido ser integrados en asignaturas y áreas curriculares muy diversas. Además, la conclusión anterior es consistente con la opinión declarada por los docentes a este respecto: 2 de cada 3 docentes de Nivel II consideran que la mejor forma de integrar el PC y la IA en el aula es de manera transversal a varias asignaturas, mientras que sólo el tercio restante considera que la forma óptima sería a través de una asignatura concreta.

2 de cada 3 docentes de Nivel II consideran que la mejor forma de integrar el PC y la IA en el aula es de manera transversal a varias asignaturas.

Epcia 20/21

Escuela de Pensamiento Computacional
e Inteligencia artificial 20/21: *MIT App
Inventor y Machine Learning for Kids*



Informe de resultados del Nivel III del proyecto EPCIA 20/21: *MIT App Inventor* y *Machine Learning for Kids*

Descripción del Nivel III	81
Instrumentos utilizados en la investigación	82
Resultados	86
Test de Pensamiento Computacional (TPC-RA+B): Pre-test y Post-test	86
Características de la muestra	86
Fecha y lugar de aplicación. Dispositivos utilizados.	87
Fiabilidad del pre-test y el post-test (TPC-RA+B)	88
Análisis de las diferencias de los resultados del pre-test y el post-test	88
Prueba de Inteligencia Artificial	90
Características de la muestra	90
Fecha y lugar de aplicación. Dispositivos utilizados.	90
Fiabilidad de las mediciones	91
Análisis de diferencias de resultados entre el pre-test y el post-test (P-IA)	92
Cuestionarios de valoración (alumnado)	94
Características de la muestra	94
Análisis	94
Cuestionarios de valoración (docentes)	98
Características de la muestra	98
Análisis	99
Análisis cualitativo de las respuestas abiertas y entrevistas	104
Descripción de la propuesta didáctica	105
Valoración y consejos de los docentes participantes	105
Conclusiones del análisis cualitativo	107
Análisis de proyectos de <i>MIT App Inventor</i>	108
Características de la muestra	108
Análisis	109

Síntesis de buenas prácticas	111
Objetivos	112
Metodología	112
Evaluación	112
Conclusiones finales	113

Descripción del Nivel III

El Nivel III de la edición 20/21 del proyecto Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia artificial se ha articulado en tres fases al igual que los Niveles I y II:

- Fase de formación de los docentes participantes, llevada a cabo entre el 13 de noviembre de 2020 y el 1 de febrero de 2021.
- Fase de implementación en el aula de las propuesta didáctica elaboradas por los participantes durante la fase formativa, llevada a cabo entre el 1 de marzo y el 31 de mayo de 2021.
- Investigación del impacto obtenido: realización de cuestionarios, test y entrevistas a los docentes entre marzo y junio de 2021.

Formación del profesorado

El profesorado participante inició su actividad en el proyecto con un curso de formación en línea ofrecido por el INTEF en una plataforma virtual específica para la formación del profesorado participante en la EPCIA 20/21.

Los docentes participantes tuvieron que elaborar una propuesta didáctica. En esta propuesta, cada docente planifica una serie de sesiones de trabajo que posteriormente debían llevar al aula

Durante esta fase de formación en línea, los docentes aprendieron técnicas y actividades para trabajar diferentes conceptos que se aplican en el pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial, utilizando la plataforma de *MIT App Inventor* y la herramienta de aprendizaje automático "*Machine Learning for Kids*" (*ML4K*). Este curso formativo estaba formada por los siguientes bloques:

- Bloque 0: Primeros pasos. Se impartían contenidos para que los participantes más noveles se adaptasen a la plataforma de formación.
- Bloque 1: Introducción a *MIT App Inventor*. Ofrecía un resumen de los conceptos más utilizados de *MIT App Inventor* y algunas actividades complementarias para los participantes que habían utilizado en menor medida este lenguaje de programación.
- Bloque 2: Y eso de la Inteligencia Artificial, ¿qué es?. Ofrecía información sobre la Inteligencia Artificial, sobre sus riesgos y posibilidades.
- Bloque 3: *Machine Learning for Kids* con *MIT App Inventor*. Los contenidos y actividades ofrecidas en este bloque permitían a los participantes dar los primeros pasos en *Machine Learning for Kids*.
- Bloque 4: Proyectos de Inteligencia Artificial con App Inventor. Se ofrecía a los participantes, a modo de inspiración, varios proyectos para que pudieran analizar y crear sus propias propuestas adaptadas a la realidad de su alumnado.

Durante esta fase se ofrecieron dos *webinars* para explicar con mayor detalle la creación de cuentas de *Machine Learning for Kids* y el concepto de generalización en el aprendizaje automático.

Como última actividad del curso, los docentes participantes tuvieron que elaborar una propuesta didáctica. En esta propuesta, cada docente planifica una serie de sesiones de trabajo que posteriormente debían llevar al aula en la fase de implementación. Se pueden consultar los puntos que los docentes debían desarrollar para su propuesta didáctica en el Anexo 2.

Implementación en el aula

Las actividades propuestas, además de contribuir al desarrollo de dimensiones concretas del pensamiento computacional, tenían también que contribuir a la adquisición de contenidos específicos del currículo.

Aquellos docentes que superaron el curso de formación continuaron con la siguiente fase del proyecto, que consistió en la implementación en el aula de la propuesta didáctica diseñada como actividad final del curso. En total, 137 docentes del Nivel III de la EPCIA 20/21 realizaron la fase de implementación en el aula de forma completa.

Las actividades propuestas, además de contribuir al desarrollo de dimensiones concretas del pensamiento computacional, tenían también que contribuir a la adquisición de contenidos específicos del currículo.

A modo simplemente ilustrativo, se listan en el Anexo 3 las actividades desarrolladas por el profesorado. Muchas de estas actividades ponen de manifiesto cómo el profesorado, partiendo de una idea trabajada en la fase de formación, ha sido capaz de desarrollar actividades completamente diferentes que aprovechan los recursos disponibles en su centro, y contribuyendo a alcanzar objetivos curriculares de diferentes áreas al tiempo que se trabaja el pensamiento computacional del alumnado.

Instrumentos utilizados en la investigación

En esta investigación se han utilizado tanto instrumentos de corte cuantitativo como cualitativo. De esta manera, se pueden triangular posteriormente los resultados procedentes de todos los instrumentos utilizados.

En esta investigación se han utilizado tanto instrumentos de corte cuantitativo como cualitativo. De esta manera, se pueden triangular posteriormente los resultados procedentes de todos los instrumentos utilizados.

Dos de los instrumentos cuantitativos – el Test de Pensamiento Computacional (TPC) y la Prueba de Inteligencia artificial (P-IA) – son instrumentos previamente validados, que cuentan con el aval de publicaciones científicas previas¹. Ambos instrumentos son pioneros, puesto que son los primeros diseñados en su área de medición, para población juvenil española. Además, se han recogido los proyectos de *MIT App Inventor* realizados por el alumnado, que han sido analizados utilizando herramientas para conocer su alcance y complejidad. Finalmente, todos los participantes (tanto docentes como alumnado) han tenido también que rellenar un cuestionario al finalizar la fase de implementación.

Además de los instrumentos cuantitativos, se han realizado entrevistas a grupos de docentes. Las opiniones y comentarios de los docentes han sido analizados junto a dos preguntas de respuestas abiertas del cuestionario que todos los participantes han realizado al cabo de la fase de implementación.

¹ Román-González, M., Pérez-González, J.C. y Jiménez-fernandez, C. (2016) *Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test*

Rodríguez-García, J.D., Moreno-León, J., Román-González, M. y Robles G. (2021) *Evaluation of an Online Intervention to Teach Artificial Intelligence with LearningML to 10-16-Year-Old Students*

Cabe destacar que no sólo los instrumentos utilizados en la investigación son diversos. También las fuentes de información utilizadas en la investigación han sido varias, ya que provienen de estudiantes, docentes y los proyectos de *MIT App Inventor* realizados por los estudiantes.

Test de Pensamiento Computacional (TPC-RA+B)

El 'Test de Pensamiento Computacional' (TPC) es un test diseñado para medir el desarrollo de pensamiento computacional de los estudiantes y ha sido validado científicamente siguiendo el procedimiento 'juicio de expertos' y su versión final consta de 28 ítems de longitud (Román, 2015a).

El TPC está construido siguiendo los siguientes principios:

- Objetivo: el TPC pretende medir el nivel de aptitud-desarrollo del pensamiento computacional en el sujeto.
- Definición operativa del constructo medido: el pensamiento computacional es la capacidad de formular y solucionar problemas apoyándose en los conceptos fundamentales de la computación, y usando la lógica y la sintaxis de los lenguajes informáticos de programación: secuencias básicas, bucles, iteraciones, condicionales, funciones y variables.
- Población objetivo: dirigido a población escolar española de entre 10 y 16 años (5.º de primaria a 4.º de la ESO).
- Tipo de instrumento: prueba objetiva de elección múltiple con 4 opciones de respuesta (sólo 1 correcta).
- Longitud: 28 ítems.
- Tiempo máximo de realización: 45 minutos.

El TPC-RA+B es una adaptación del TPC original, especialmente diseñada para sujetos mayores de 14 años. Consiste en un test de 30 ítems de longitud compuesto por las siguientes partes o secciones:

- [TPC-R] Los 20 ítems más discriminativos del TPC original, descrito anteriormente.
- [A] 4 ítems adicionales de mayor dificultad, especialmente diseñados para sujetos mayores de 14 años.
- [B] 6 problemas extraídos del concurso Bebras² sobre pensamiento computacional, diseñados para sujetos mayores de 14 años.

En este informe, a partir de ahora, cuando hagamos referencia al Test de Pensamiento Computacional nos referimos específicamente al test TPC-RA+B, que es el que se ha utilizado para la investigación en el Nivel III.

Los estudiantes participantes en este estudio realizaron el Test de Pensamiento Computacional (TPC-RA+B) en dos ocasiones:

1. Antes de empezar la fase de implementación de propuestas didácticas en el aula con el alumnado, para poder determinar sus habilidades de pensamiento computacional antes del experimento. Denominamos a esta prueba el "pre-test".
2. Después de haber terminado la fase de implementación de propuestas didácticas, lo que denominamos "post-test".

El análisis de las diferencias entre el pre-test y post-test permite obtener evidencias de las habilidades y conocimientos adquiridos durante el experimento y, por tanto, evaluar la implementación

2 El Bebras Contest es una prueba que se realiza en colegios e institutos para la introducción de la informática y las tecnologías de la información en los primeros cursos de la formación del alumnado, tanto en la enseñanza obligatoria como en el bachillerato. Más información: <https://bebras.ehu.eus/>

llevada a cabo. Para evaluar la validez y lo significativo que son los resultados de los test, se han utilizado dos valores estadísticos: el valor “p” y el tamaño del efecto.

- El valor “p” (conocido también como p-valor) ayuda a diferenciar resultados que son producto del azar en el muestreo de los que no lo son. Cuando los resultados no son producto del azar, el valor p es menor que 0,05. En esos casos se dice que los resultados son estadísticamente significativos.
- El tamaño del efecto es una medida de la fuerza de un fenómeno, en nuestro caso del impacto de la implementación llevada a cabo por los docentes en el aula. El tamaño del efecto complementa un resultado estadísticamente significativo. Esto es debido a que se puede haber determinado una diferencia estadísticamente significativa en un experimento (por ejemplo, las chicas aprenden más que los chicos), pero que el efecto sea pequeño (las chicas sacan solamente una décima de punto más que los chicos). El tamaño del efecto viene dado por la *d de Cohen*, que mide el efecto numéricamente. Generalmente, valores de la *d de Cohen* inferiores a 0,2 señalan que no existe efecto; valores entre 0,21 a 0,49 indican un pequeño efecto; valores oscilantes entre 0,50 a 0,70 son debidos a un efecto moderado; y valores mayores a 0,80 son considerados un efecto grande (Cohen, 1998).

Las diferencias entre el pre-test y post-test permite obtener evidencias de las habilidades y conocimientos adquiridos durante el experimento y, por tanto, evaluar la implementación llevada a cabo.

Prueba de conocimientos sobre Inteligencia artificial (P-IA)

La segunda prueba que se aplicó fue la ‘Prueba de conocimientos sobre Inteligencia Artificial’ (P-IA). Dicha prueba tiene su origen en un primer instrumento diseñado para la EPCIA 19/20 (que quedó suspendida por la pandemia), y que luego fue depurado y validado por Rodríguez-García et al. (2021).

La P-IA está compuesta por un total de 16 preguntas (de la #1 a la #16). Para la investigación del Nivel III de la EPCIA 20/21, hay que tener en cuenta que entre estas preguntas del cuestionario:

- Hay 2 preguntas de respuesta abierta (la #1 y la #16) que se han dejado fuera de este informe, porque sólo se ha considerado la P-IA en su vertiente cuantitativa (como instrumento de corte cuantitativo), ya que luego se han aplicado otros instrumentos cualitativos como por ejemplo los cuestionarios.
- Hay 14 ítems de elección múltiple (de la #2 hasta la #15, ambas inclusive), que son las que se han considerado para este informe.

Para la P-IA también se llevó a cabo un esquema de pre-test y post-test, tal y como se hizo con el Test de Pensamiento Computacional.

Cuestionarios a estudiantes y docentes

Los cuestionarios se diseñaron *ad-hoc* para esta investigación, por lo que las preguntas planteadas a alumnado y docentes fueron específicamente creadas para este estudio en función de los objetivos marcados. Los cuestionarios se llevaron a cabo después de la intervención y de que los participantes (docentes y alumnado) realizaran y entregaran las actividades, incluyendo el post-test.

Los cuestionarios incluyen preguntas cerradas y de selección múltiple, así como algunas preguntas de respuesta abierta donde los docentes y alumnado podían ofrecer con mayor detalle su punto de vista. Las preguntas de respuesta abierta, debido a su carácter cualitativo, fueron analizadas conjuntamente con las entrevistas a un conjunto de docentes (y que se presentan a continuación).

Entrevistas a docentes

Para las entrevistas se seleccionaron 15 de los 137 docentes participantes de Educación Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional. En aras de contar con opiniones y puntos de vista diferentes, se seleccionaron para las entrevistas docentes con perfiles y desempeños diversos durante el curso. Así, se dividió a los docentes participantes en varios grupos, de acuerdo a una serie de características, y se escogieron de manera aleatoria varios docentes de cada uno de los grupos. Los grupos se confeccionaron siguiendo los siguientes criterios:

- Grupo A:
 - Han implantado al menos el 90% de la propuesta didáctica.
 - Expresan una valoración global del curso EPCIA de 9 o más (sobre 10).
 - Declaran que desean continuar con el proyecto en el curso 21/22.
- Grupo B:
 - Han implantado al menos el 70% de la propuesta didáctica.
 - Su valoración global del curso EPCIA es de al menos de 7 (sobre 10).
 - No tienen claro si quieren repetir/continuar con el tema en el curso 21/22.
- Grupo C:
 - Han implantado al menos el 60% de la propuesta didáctica.
 - Su valoración global del curso EPCIA es de 6 o menos (sobre 10).
 - No tienen claro si repetir el curso 21/22.
- Grupo D:
 - No han conseguido implantar el 50% de lo programado.

En aras de contar con opiniones y puntos de vista diferentes, se seleccionaron para las entrevistas docentes con perfiles y desempeños diversos durante el curso.

Del grupo A se realizaron entrevistas a 8 docentes, de los grupos B y C se concertaron entrevistas con 2 docentes de cada grupo, y finalmente se llevaron a cabo 3 entrevistas con docentes del grupo D. Se seleccionaron más docentes del grupo A, porque es el conjunto de docentes más numeroso en el Nivel III. Las entrevistas se realizaron on-line, en grupo (los docentes pertenecientes al mismo grupo de manera conjunta) y se siguió un único guion con las mismas cuestiones. En total, se realizaron 5 sesiones, ya que el grupo A, debido al número de integrantes, se dividió en dos.

Análisis de Proyectos de MIT App Inventor

Mediante el análisis de los proyectos de *MIT App Inventor* realizados por el alumnado se quiere profundizar en el estudio del aprendizaje por parte del alumnado. *MIT App Inventor*, desarrollado en el MIT, permite crear aplicaciones móviles utilizando un lenguaje de programación de bloques. Su principal característica consiste en que permite el desarrollo de habilidades cognitivas mediante el aprendizaje de la programación sin tener conocimientos profundos sobre el código.

El análisis se ha llevado a cabo mediante *Dr. App Inventor*, un programa en Python que permite obtener el grado de expresividad que ha sido necesario para crear un proyecto. Para determinar el grado de expresividad, se han categorizado los bloques que se pueden utilizar en *MIT App Inventor*

en seis dimensiones (lógica, control de flujo, sincronización, abstracción, representación de datos y interactividad de usuario), y se ha comprobado los tipos de bloques que han sido utilizados en los proyectos. Así, un programa que haya requerido más expresividad que otro contendrá bloques más diversos y de dimensiones más variadas. En definitivas cuentas, los programas sencillos requieren de poca expresividad, ya que se pueden realizar con unos pocos bloques de pocas dimensiones, mientras que los programas que necesitan de mayor expresividad son más complejos programáticamente, porque requieren hacer uso de un número mayor de bloques de diferentes dimensiones.

Dr. App Inventor ha sido creado expresamente para esta investigación, pero se inspira en una herramienta *software* similar que mide la expresividad de proyectos *Scratch*, llamado *Dr. Scratch*³ (Moreno-León et al., 2015)⁴, y que se ha usado frecuentemente en la literatura científica para evaluar proyectos *Scratch*. *Scratch* es un lenguaje de programación de bloques parecido a *MIT App Inventor*, orientado a la creación de animaciones y videojuegos en vez de a la creación de aplicaciones móviles.

El análisis se ha llevado a cabo mediante *Dr. App Inventor*, un programa en Python que permite obtener el grado de expresividad que ha sido necesario para crear un proyecto.

Resultados

Test de Pensamiento Computacional (TPC-RA+B): Pre-test y Post-test

Características de la muestra

El tamaño de la muestra válida es de 1.726 alumnos. La muestra válida está compuesta por sujetos que cumplieron correctamente el Test de Pensamiento Computacional (TPC-RA+B) tanto en el momento pre-test como en el momento post-test; pudiéndose así emparejar sus respuestas. Cabe destacar que se detecta una sobrerrepresentación masculina (61,65% frente al 38,35%), tal y como se puede ver en la Tabla I.

Tabla I. Sexo de la muestra

	Frecuencia	Porcentaje
Chicos	1064	61,6
Chicas	662	38,4
Total	1726	100,0

El alumnado participante es del rango de 3.º de la ESO a Ciclo Formativo de Grado Superior, como se puede ver en la Tabla II. Los grupos más numerosos corresponden a 4.º de la ESO y 1.º de Bachillerato.

Tabla II. Curso de la muestra

	Frecuencia	Porcentaje
3.º ESO	271	15,7
4.º ESO	646	37,4

³ <http://www.drscratch.org/>

⁴ Moreno-León et al. (2015) *Dr. Scratch: Análisis Automático de Proyectos Scratch para Evaluar y Fomentar el Pensamiento Computacional*

1.º Bachillerato	408	23,6
2.º Bachillerato	243	14,1
Formación Profesional Básica	23	1,3
Ciclo Formativo de Grado Medio	90	5,2
Ciclo Formativo de Grado Superior	45	2,6
Total	1726	100,0

Fecha y lugar de aplicación. Dispositivos utilizados.

La prueba pre-test se realizó entre el 25 de febrero y el 25 de marzo de 2021. Debido a la situación especial a causa de la pandemia COVID-19, en la que la asistencia a clase estaba condicionada por condiciones sanitarias, se permitió en casos excepcionales que las pruebas fueran realizadas en casa. Así lo hicieron 95 alumnos (un 5,5% de la muestra total), mientras que los restantes 1.631 lo hicieron en un aula de su centro educativo.

Las pruebas de post-test se realizaron del 20 de abril al 3 de junio de 2021. 169 alumnos (9,8%) realizaron esta prueba en sus propios domicilios, mientras 1.557 lo hicieron en un aula de su centro educativo.

La prueba consistía en un test preparado como formulario en línea, por lo que era necesario utilizar un dispositivo electrónico. En la Tabla III se pueden observar los dispositivos utilizados para el pre-test, con predominio del uso de ordenadores, ya sean fijos o portátiles.

Tabla III. Dispositivo electrónico–pre-test

	Frecuencia	Porcentaje
Ordenador fijo	1073	62,2
Ordenador portátil	480	27,8
Teléfono móvil	132	7,6
Tableta	41	2,4
Total	1726	100,0

A continuación, la Tabla IV muestra los dispositivos utilizados para la realización de las pruebas de post-test, en la que se pueden observar ligeras variaciones con respecto al pre-test.

Tabla IV. Dispositivo electrónico–post-test

	Frecuencia	Porcentaje
Ordenador fijo	1060	61,4
Ordenador portátil	534	30,9
Teléfono móvil	92	5,3
Tableta	40	2,3
Total	1726	100,0

Fiabilidad del pre-test y el post-test (TPC-RA+B)

El Alfa de Cronbach es un coeficiente que sirve para medir la fiabilidad de una escala de medida (Brown, 2002). De esta forma, permite determinar si las variables observadas (en nuestro caso, las respuestas a un test) son buenas para medir una variable que no es directamente observable (en nuestro caso, el desarrollo del pensamiento computacional). Se considera que valores de alfa superiores a 0,7 son suficientes para garantizar la fiabilidad de la escala (Cervantes, 2005).

El valor de Alfa de Cronbach obtenido para el pre-test es de 0,835, mostrándose sobre o cercano a valores de 0,8 para todos los cursos, salvo para Ciclo Formativo de Grado Superior, donde es algo inferior (3.º ESO: 0,821; 4.º ESO: 0,806; 1.º Bachillerato: 0,843; 2.º Bachillerato: 0,813; Formación Profesional Básica: 0,808; Ciclo Formativo de Grado Medio: 0,793; Ciclo Formativo de Grado Superior: 0,714). Tenemos, por tanto, una escala de medida fiable.

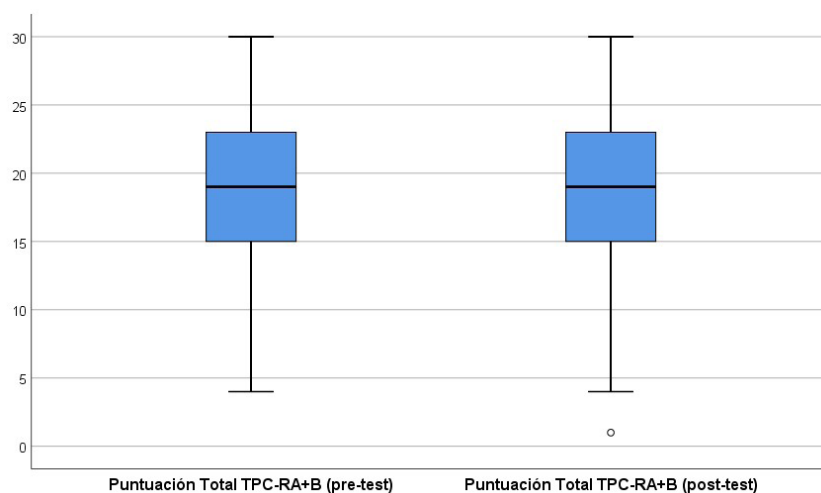
El valor de Alfa de Cronbach obtenido para el post-test es de 0,863, obteniendo valores cercanos o superiores a 0,8 para todos los cursos menos Ciclo Formativo de Grado Medio, que está ligeramente por debajo (3.º ESO: 0,862; 4.º ESO: 0,839; 1.º Bachillerato: 0,866; 2.º Bachillerato: 0,882; Formación Profesional Básica: 0,817; Ciclo Formativo de Grado Medio: 0,798; Ciclo Formativo de Grado Superior: 0,855). En este caso, tenemos también una escala de medida fiable.

Análisis de las diferencias de los resultados del pre-test y el post-test

Es importante destacar en primer lugar que, a nivel global, los resultados presentan una ligera asimetría negativa con respecto a la curva normal, lo que indica un ligero ‘efecto techo’ de la prueba. Es decir, la prueba ha sido excesivamente fácil (aunque sólo sea con un exceso ligero) para la muestra de sujetos, por lo que los resultados se acumulan en la parte alta en vez de tener una distribución gaussiana.

La Figura 1 muestra la evolución de la puntuación total TPC-RA+B del pre-test y del post-test. La media del pre-test es de 18,6860, mientras que la del post-test se sitúa en 18,7167. El tamaño del efecto dado por la *d* de Cohen es de 0,006, siendo la diferencia “pre-post” no estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

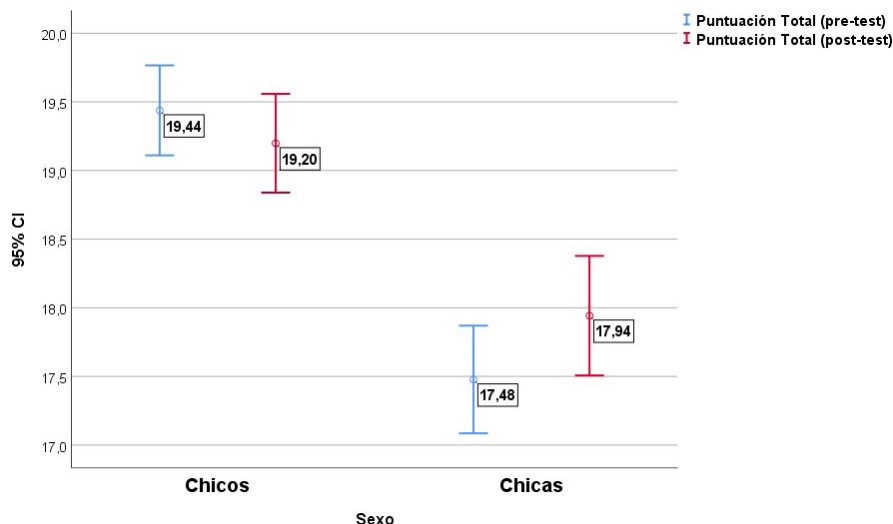
Figura 1. Diagramas de caja sobre la puntuación total; pre-test vs. post-test.



Si analizamos los resultados teniendo en cuenta el sexo del alumnado, vemos como la Figura 2 muestra que en el caso de los chicos hay un ligero descenso (no significativo), y en el caso de las chicas una mejora que sí es significativa ($p = 0,01 < 0,05$) aunque de tamaño muy pequeño ($d = 0,1$).

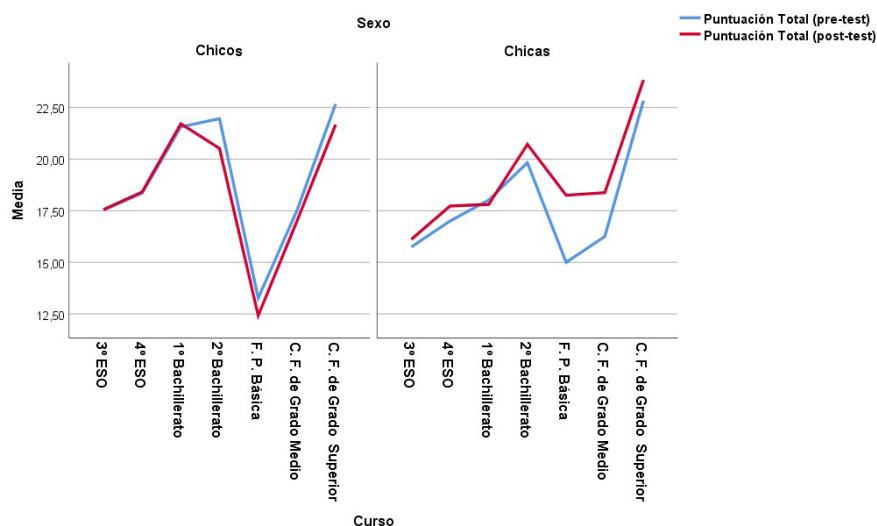
Tomando pre-test y post-test, se observan diferencias estadísticamente significativas y de tamaño ‘pequeño-moderado’ ($d=0,37$) a favor de los chicos. Esta diferencia es de tamaño algo mayor a la observada en el Nivel II de la EPCIA ($d=0,25$). También podemos afirmar que este resultado replica los obtenidos en estudios previos en los que se ha encontrado que la brecha de género en pensamiento computacional va aumentando con la edad.

Figura 2. Medias en la puntuación total pre-test vs. post-test por sexos.



También se observan incrementos significativos en las puntuaciones del TPC-RA+B según vamos ascendiendo de curso (véase Figura 3), algo consistente con el hecho de que el pensamiento computacional es una capacidad cognitiva afectada por el nivel madurativo del sujeto. Estos incrementos aparecen diferenciados en dos ramas distintas: una rama de ascenso más suave que transita por 3.º-4.º ESO, seguidas de 1.º-2.º Bachillerato; y otra rama de ascenso más pronunciado que transita por la Formación Profesional (FP Básica, Grado Medio y Grado Superior).

Figura 3. Puntuación total pre-test vs. post-test por sexos y por curso.



Con respecto al análisis pre-post, se puede destacar que, globalmente, no se encuentra una mejora estadísticamente significativa del pre-test al post-test en el nivel de pensamiento computacional de los sujetos (tamaño del efecto prácticamente nulo, $d=0,006$). De igual modo, si segmentamos el análisis pre-post por ‘Curso’, tampoco encontramos ninguna mejora estadísticamente significativa en ninguno de ellos.

Sin embargo, sí se encuentra una mejora estadísticamente significativa en el nivel de pensamiento computacional de la sub-muestra de chicas, aunque dicha mejora es de tamaño ‘pequeño’ ($d=0,1$). En otras palabras, la implementación parece haber contribuido a cerrar ligeramente la brecha de género en pensamiento computacional detectada en el momento pre-test.

Finalmente, se observa una correlación moderada-fuerte entre las puntuaciones del TPC-RA+B en el pre-test y en el post-test ($r=0,63 > 0,6$), lo que es indicativo de la estabilidad de la prueba (fiabilidad como estabilidad del TPC-RA+B).

Prueba de Inteligencia artificial

Características de la muestra

El tamaño de la muestra válida es de 1.532 alumnos. La muestra válida está compuesta por sujetos que cumplimentaron correctamente la Prueba sobre Inteligencia artificial (P-IA) tanto en el momento pre-test como en el momento post-test; pudiéndose así emparejar sus respuestas. Como podemos observar al analizar la muestra, observamos una sobrerrepresentación masculina (62,2% frente al 37,8%), tal y como se puede ver en la Tabla V.

Tabla V. Sexo de la muestra

	Frecuencia	Porcentaje
Chicos	953	62,2
Chicas	579	37,8
Total	1532	100,0

El alumnado participante cursaba estudios entre 3.º de la ESO y Ciclos Formativos de Grado Superior, como se puede ver en la Tabla VI. Los grupos más numerosos corresponden a 4.º de la ESO y 1.º de Bachillerato.

Tabla VI. Curso de la muestra

	Frecuencia	Porcentaje
3.º ESO	213	13,9
4.º ESO	602	39,3
1.º Bachillerato	357	23,3
2.º Bachillerato	220	14,4
Formación Profesional Básica	21	1,4
Ciclo Formativo de Grado Medio	76	5,0
Ciclo Formativo de Grado Superior	43	2,8
Total	1532	100,0

Fecha y lugar de aplicación. Dispositivos utilizados.

Las pruebas de pre-test se realizaron entre el 25 de febrero y el 26 de marzo de 2021. Debido a la situación especial a causa de la pandemia COVID-19, en la que la asistencia a clase estaba condicionada por condiciones sanitarias, se permitió en casos excepcionales que las pruebas fueran realizadas en casa. Así lo hicieron 71 alumnos (un 4,63% de la muestra total), mientras que los restantes 1.461 lo hicieron en un aula de su centro educativo.

Por otro lado, las pruebas de post-test se realizaron del 20 de abril al 3 de junio de 2021. 197 alumnos (12,86%) realizaron esta prueba en sus propios domicilios, mientras 1.335 lo hicieron en un aula de su centro educativo.

La prueba consistía en un test en un formulario on-line, por lo que era necesario utilizar un dispositivo electrónico. En la Tabla VII se pueden observar los dispositivos utilizados para el pre-test, con predominio del uso de ordenadores, ya sean fijos o portátiles.

Tabla VII. Dispositivo electrónico (pretest)

	Frecuencia	Porcentaje
Ordenador fijo	991	64,7
Ordenador portátil	396	25,8
Teléfono móvil	108	7,0
Tableta	37	2,4
Total	1532	100,0

La Tabla VIII muestra los dispositivos utilizados para la realización de las pruebas de post-test. Se pueden observar ligeras variaciones con respecto al pre-test.

Tabla VIII. Dispositivo electrónico-post-test

	Frecuencia	Porcentaje
Ordenador fijo	939	61,3
Ordenador portátil	460	30,0
Teléfono móvil	95	6,2
Tableta	38	2,5
Total	1532	100,0

Fiabilidad de las mediciones

Es necesario hacer unas aclaraciones previas acerca de las distintas formas de abordar el estudio de la fiabilidad para el caso del Test de Pensamiento Computacional (TPC-RA+B) y de la Prueba sobre Inteligencia artificial (P-IA).

El TPC-RA+B es un test que mide capacidad-aptitud. Las capacidades y aptitudes ya se dan en el sujeto en alguna medida y de manera natural incluso antes de cualquier proceso formal de enseñanza o instrucción. En ese sentido, es esperable que un test que mide capacidad o aptitud, sea consistente (fiable) en sus mediciones tanto en momento 'pre' como en momento 'post'. Por ello, cuando se ha estudiado la fiabilidad del TPC-RA+B se ha hecho en ambos momentos de medición ('pre' y 'post').

En contraste, la P-IA es una prueba objetiva que mide conocimientos. En sentido estricto, no se puede esperar que dichos conocimientos se den ya en el sujeto previamente al proceso de enseñanza o instrucción correspondiente, sino sólo una vez dicho proceso se ha producido. Por ello, la fiabilidad de las pruebas objetivas sólo han de estudiarse y valorarse en momento 'post', tal y como haremos a continuación para la P-IA.

Para el post-test, de un análisis preliminar sobre la fiabilidad de la P-IA, considerando los 14 ítems de elección múltiple que la componen (preguntas de la #2 a la #15), se detecta un ítem que no está funcionando de manera correcta ni consistentemente: se trata de la pregunta #2. Por lo tanto, se

decide eliminar/ignorar el ítem #2 de la P-IA, para quedarnos/retener una versión definitiva de un total de 13 ítems de longitud (de la pregunta #3 a la pregunta #15) cuya fiabilidad, medida por la Alfa de Cronbach, es de 0,759.

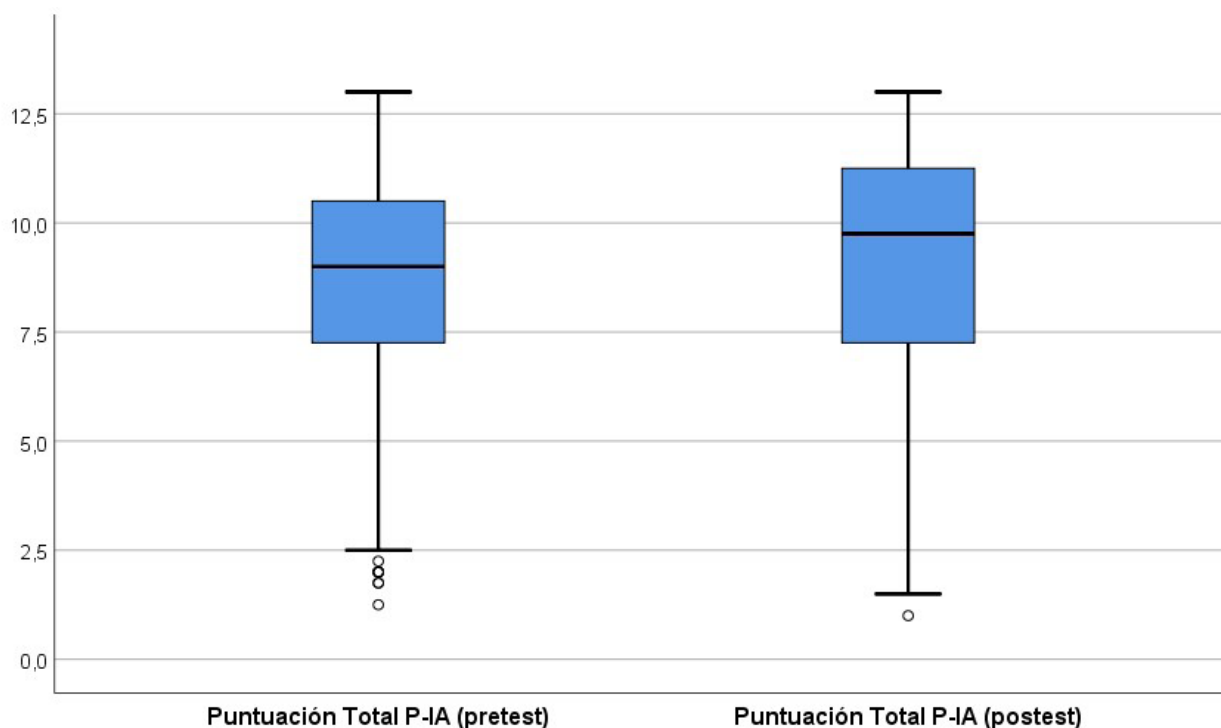
Análisis de diferencias de resultados entre el pre-test y el post-test (P-IA)

Globalmente, los resultados presentan una notable asimetría negativa con respecto a la curva normal, lo cual indica un moderado ‘efecto techo’ de la prueba. Es decir, la prueba ha sido excesivamente fácil para la muestra de sujetos.

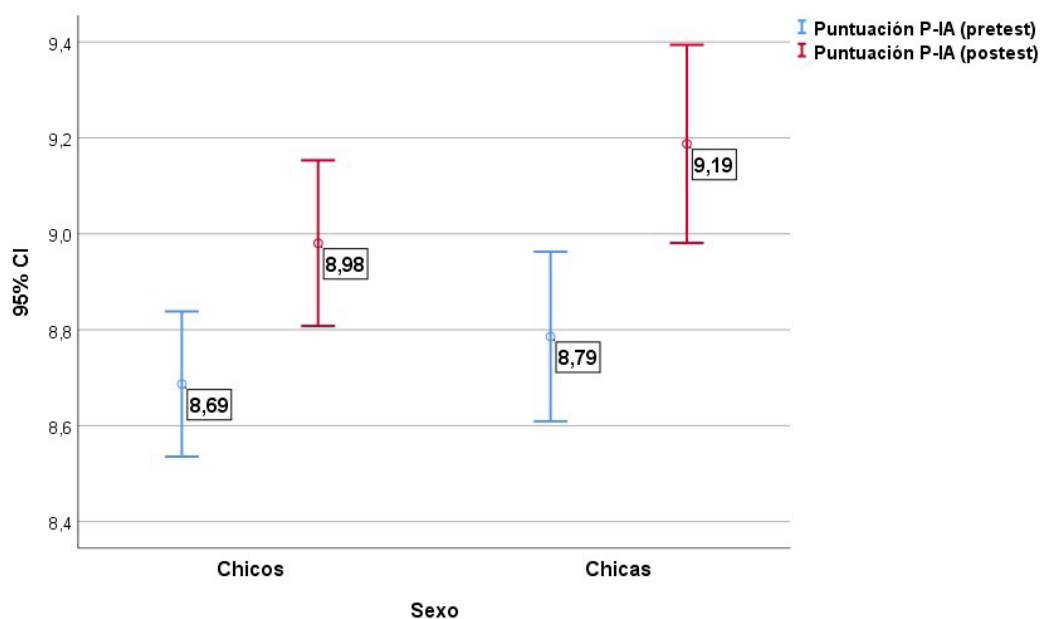
La puntuación media del pre-test fue de 8,7242 y la del post-test de 9,0586. A su vez, los resultados arrojan una mejora estadísticamente significativa del pre-test al post-test en el nivel de conocimientos sobre Inteligencia Artificial de los sujetos de Nivel III, siendo esta mejora de tamaño ‘pequeño’ ($d=0,14$). Esta mejora aparece consistentemente tanto en chicos como en chicas, y especialmente en 4.º ESO (donde aún el ‘efecto techo’ no es muy fuerte; efecto del cual hablamos en el siguiente punto).

Tanto en el ‘pre’ como especialmente en el ‘post’, se puede apreciar en la Figura 4 un notable ‘efecto techo’ de la P-IA sobre la muestra de sujetos de Nivel III. Ello puede haber contribuido a que el tamaño de la mejora ‘pre-post’ haya sido ‘pequeño’. En otras palabras, es plausible suponer que, si se hubiera aplicado una prueba de mayor dificultad, se habría encontrado una mejoría ‘pre-post’ de mayor tamaño. Por tanto, se recomienda que se replique la experiencia pero utilizando una prueba de conocimientos sobre IA de mayor dificultad para Nivel III.

Figura 4. Diagramas de caja sobre la puntuación total pre-test vs. post-test.

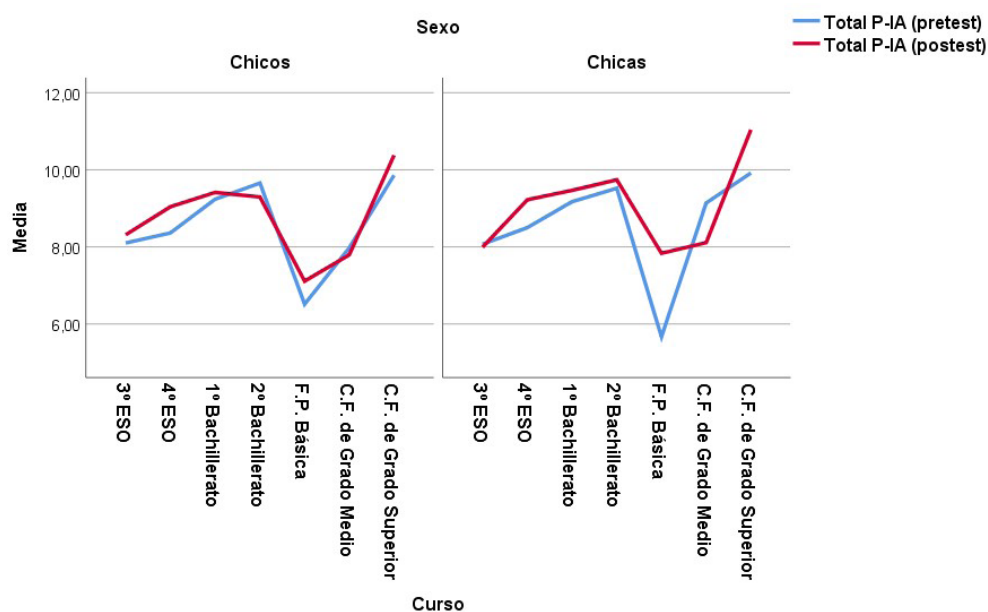


La Figura 5 muestra los resultados por sexos. No se observan diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento en la P-IA entre chicos y chicas de Nivel III, lo cual indica que la prueba es neutra en términos de género.

Figura 5. Media de la puntuación total pre-test vs. post-test por sexos.

La Figura 5 muestra la diferencia entre la puntuación del pre-test y el post-test por sexos y por cursos. Se observan incrementos significativos en las puntuaciones de la P-IA según vamos ascendiendo de curso. Esto es consistente con el hecho de que los sujetos de mayor edad tienden a tener un mayor conocimiento previo sobre cualquier tema (en este caso, conocimientos de partida sobre IA). Estos incrementos aparecen claramente diferenciados en dos ramas distintas: a) una rama de ascenso más suave que transita por 3.º-4.º ESO seguidas de 1.º-2.º Bachillerato; y b) otra rama de ascenso más pronunciado que transita por la Formación Profesional (FP Básica, Grado Medio y Grado Superior).

Como se puede ver en la Figura 6, cada línea se puede descomponer en dos trazos ascendentes: un trazo de ascenso más suave que va desde 3.º ESO hasta 2.º Bachillerato, y otro trazo de ascenso más pronunciado que va desde la FP Básica al Ciclo Formativo de Grado Superior. Una posible interpretación es que el conjunto de sujetos que va desde 3.º ESO hasta 2.º Bachillerato se comporta como un continuo más homogéneo y relativamente predecible, mientras que el conjunto de sujetos de FP y de los Ciclos Formativos funciona más bien como un discontinuo a saltos y más heterogéneo.

Figura 6. Puntuación total pre-test vs. post-test por sexos y por curso.

Cuestionarios de valoración (alumnado)

Características de la muestra

El tamaño de la muestra válida es de 2.066 sujetos, con sobrerrepresentación masculina (57,9% frente al 37,1%), tal y como se puede ver en la Tabla IX. Se ha conseguido acumular una muestra válida de tamaño grande (N= 2.066 sujetos), relativamente equilibrada en las variables 'Sexo' y 'Curso'.

Tabla IX. Sexo del alumnado

	Frecuencia	Porcentaje
Chico	1196	57,9
Chica	767	37,1
Prefieres no decirlo	64	3,1
Otro	39	1,9
Total	2066	100,0

En cuanto al curso del alumnado participante, se enmarcan en el rango entre 3.º de la ESO y los Ciclos Formativos de Grado Superior, como se puede ver en la Tabla X, correspondiendo los grupos más numerosos a 4.º de la ESO y 1.º de Bachillerato.

Tabla X. Curso

	Frecuencia	Porcentaje
3.º ESO	324	15,7
4.º ESO	765	37,0
1.º Bachillerato	513	24,8
2.º Bachillerato	281	13,6
Formación Profesional Básica	34	1,6
Ciclo Formativo de Grado Medio	97	4,7
Ciclo Formativo de Grado Superior	52	2,5
Total	2066	100,0

El cuestionario se realizó del 22 de abril al 3 de junio de 2021. Debido a la situación especial a causa de la pandemia COVID-19, en la que la asistencia a clase estaba condicionada por condiciones sanitarias, se permitió en casos excepcionales que las pruebas fueran realizadas en casa. Así lo hicieron 295 alumnos (un 14,3% de la muestra total), mientras que los restantes 1.771 lo hicieron en un aula de su centro educativo.

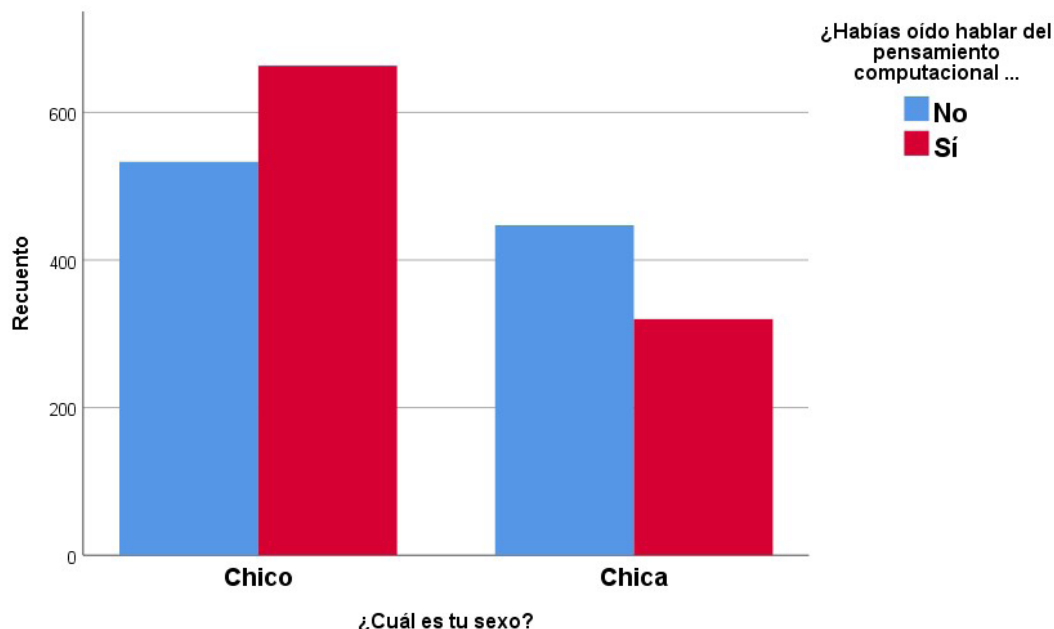
Análisis

Si tomamos como referencia el punto de partida del alumnado, podemos constatar las siguientes afirmaciones:

- Como se puede observar en la Figura 7, el 49,9% del alumnado participante afirma haber oído hablar del 'pensamiento computacional' con anterioridad a las actividades de la EPCIA 20/21.

Tomando como referencia el sexo del alumnado, se encuentra una diferencia estadísticamente significativa en dicho porcentaje. Así, el 55,4% de los chicos afirma haber oído hablar previamente del pensamiento computacional, frente al 41,7% de las chicas.

Figura 7. ¿Habías oído hablar del pensamiento computacional ANTES de hacer estas actividades?



- El 88,6% del alumnado participante afirma haber oído hablar de la 'Inteligencia Artificial' con anterioridad a las actividades de la EPCIA 20/21. Dicho porcentaje se ve afectado significativamente por la variable 'Sexo'. Así, el 91,5% de los chicos afirma haber oído hablar previamente de la Inteligencia Artificial, frente al 85,7% de las chicas.
- El 41,8% del alumnado participante afirma haber programado ya alguna vez con *MIT App Inventor* con anterioridad a las actividades de la EPCIA 20/21. Se vuelve a encontrar una diferencia según el género de los sujetos, aunque no es estadísticamente significativa. Así, el 43,6% de los chicos afirma tener experiencia previa programando con *MIT App Inventor* frente a un porcentaje del 39,5% en las chicas.
- El 25,8% del alumnado participante afirma haber utilizado ya alguna vez '*Machine Learning for Kids*' (*ML4K*) con anterioridad a las actividades de la EPCIA 20/21. Tampoco en esta cuestión aparecen diferencias estadísticamente significativas según el género. Así, el 25,9% de los chicos informa de tener experiencia previa con *ML4K* frente a un 26,6% de chicas.

Trasladando nuestra atención a la percepción del alumnado en cuanto a las actividades realizadas durante el proyecto, la Tabla XI nos ofrece la media, la mediana y la moda de los valores obtenidos en cuanto a esta. La pregunta genérica realizada al alumnado fue "¿En qué medida estás de acuerdo con las siguientes afirmaciones? (Escala de '0=Nada de acuerdo' a '10=Totalmente de acuerdo')". Tras analizar las respuestas, vemos que las medias se encuentran alrededor de 6,8, las medianas mayoritariamente alrededor de 7 y las modas en 8, lo que apunta que los estudiantes perciben positivamente las cuestiones planteadas.

En conjunto, el alumnado participante valora haberse sentido notablemente 'motivados' (*mediana*=7; *moda*=8) y haberse 'divertido' también notablemente (*mediana*=7; *moda*=8) durante las actividades relativas a las EPCIA. En ligera menor medida, los participantes valoran dichas actividades como 'fáciles' (*mediana*=7; *moda*=7), lo cual se entiende como adecuado dado que una facilidad excesiva en las actividades podría repercutir negativamente en la motivación del alumnado.

Tabla XI. Percepción sobre las actividades de la EPCIA realizadas.

	Las actividades sobre pensamiento computacional e Inteligencia Artificial te han resultado fáciles	Te has sentido motivado/a durante la realización de estas actividades	Te has divertido durante la realización de estas actividades	Sientes que has desarrollado tu pensamiento computacional a través de estas actividades	Sientes que has aprendido acerca de la Inteligencia Artificial a través de estas actividades
Nº Válido	2066	2066	2066	2066	2066
Media	6,74	6,77	6,86	6,88	7,29
Mediana	7,00	7,00	7,00	7,00	8,00
Moda	7	8	8	8	8
Desviación típica	1,978	2,427	2,490	2,275	2,263

Por otro lado, el alumnado participante percibe haber desarrollado su 'pensamiento computacional' y haber aprendido sobre 'Inteligencia Artificial' en un grado notable, a raíz de haber realizado las actividades de la EPCIA. La percepción de aprendizaje es algo mayor en lo relativo a la IA (mediana=8) que al PC (mediana=7).

Globalmente, el alumnado participante valora en grado notable (mediana $\geq$ 7) la importancia del 'pensamiento computacional' (PC) y de la 'Inteligencia Artificial' (IA), tanto para su futuro personal como para su futuro profesional. Se pueden añadir dos matices: por un lado, las valoraciones del PC y de la IA son mayores cuando se refieren al futuro profesional/como trabajadores (mediana=8; moda=10) que cuando se refieren al futuro personal/como ciudadanos (mediana=7; moda=7) de los participantes. Por otro lado, se valora como ligeramente más importante adquirir conocimientos de IA frente a desarrollar el PC. Es plausible interpretar que los participantes perciben como más concreto y evidentemente útil la adquisición conocimientos sobre IA que desarrollar (en abstracto) su PC.

Tabla XII. En comparación con tus ideas y percepciones previas, ¿cómo dirías que son tus ideas y percepciones actuales sobre la Inteligencia Artificial (IA)?

	Frecuencia	Porcentaje
La IA es menos complicada de lo que pensabas antes	1477	71,5
La IA es más complicada de lo que pensabas antes	589	28,5
Total	2066	100,0

Tabla XIII. En comparación con tus ideas y percepciones previas, ¿cómo dirías que son tus ideas y percepciones actuales sobre la Inteligencia Artificial (IA)?

	Frecuencia	Porcentaje
La IA es menos peligrosa de lo que pensabas antes	1262	61,1
La IA es más peligrosa de lo que pensabas antes	804	38,9
Total	2066	100,0

Tabla XIV. En comparación con tus ideas y percepciones previas, ¿cómo dirías que son tus ideas y percepciones actuales sobre la Inteligencia Artificial (IA)?

	Frecuencia	Porcentaje
La IA es menos importante para tu vida de lo que pensabas antes	423	20,5
La IA es más importante para tu vida de lo que pensabas antes	1643	79,5
Total	2066	100,0

En conjunto, tal y como se puede observar en las Tablas XII, XIII y XIV, las actividades de la EPCIA han contribuido a desmitificar en el alumnado los prejuicios de ‘dificultad’, ‘tedio’ y ‘peligrosidad’ habitualmente asociados con la IA. En otras palabras, la mayoría del alumnado participante manifiesta que, después de haber realizado las actividades de la EPCIA, perciben la Inteligencia Artificial como ‘menos complicada’, ‘menos aburrida’ y ‘menos peligrosa’ que antes. Además, la mayoría de los participantes perciben que la IA es ‘más importante’ para su vida tras su paso por la EPCIA.

El alumnado participante valora en grado notable la importancia del ‘pensamiento computacional’ (PC) y de la ‘Inteligencia Artificial’ (IA), tanto para su futuro personal como para su futuro profesional.

Siguiendo con el punto anterior, hay que señalar que el único mito asociado con la IA que no se ha conseguido desterrar es aquel que vincula necesariamente esta tecnología con los robots (cuando en realidad el ‘*machine learning*’ es *software* y no *hardware*). En este sentido, la mayoría de los participantes declaran que, después de su paso por la EPCIA, perciben a la IA como ‘más relacionada con los robots’ que antes (véase la Tabla XV para más detalles). Este resultado implica que en próximas ediciones de la EPCIA se debería insistir en el cuestionamiento y posterior derrocamiento de este mito, que como se ha comprobado sigue muy vigente entre el alumnado.

Tabla XV. En comparación con tus ideas y percepciones previas, ¿cómo dirías que son tus ideas y percepciones actuales sobre la Inteligencia Artificial (IA)?

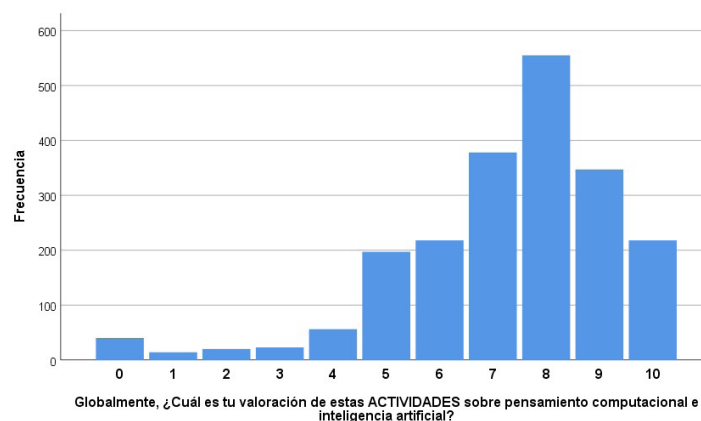
	Frecuencia	Porcentaje
La IA está menos relacionada con los robots de lo que pensabas antes	702	34,0
La IA está más relacionada con los ROBOTS de lo que pensabas antes	1364	66,0
Total	2066	100,0

Tan solo el 14,4% de los participantes declara que no desea tener más actividades sobre pensamiento computacional e Inteligencia Artificial durante el próximo curso (21/22). El 85,6% restante está abierto a continuar con actividades para desarrollar su PC y para seguir adquiriendo conocimientos sobre IA, ya sea de manera decidida (41,2%) o con algunos reparos (44,3%). En conjunto, podemos afirmar que la continuidad de la EPCIA queda apoyada y avalada por las valoraciones de los estudiantes.

Finalmente, podemos afirmar que la valoración global del alumnado participante (de Nivel III) sobre las actividades de la EPCIA 20/21 es de notable (media=7,27; mediana=8; moda=8); y ligeramente inferior a la valoración global del alumnado participante en el Nivel II (media= 7,82; mediana=8; moda=10).

La valoración global del alumnado participante (de Nivel III) sobre las actividades de la EPCIA 20/21 es de notable y ligeramente inferior a la valoración global del alumnado participante en el Nivel II.

Figura 8. Globalmente, ¿Cuál es tu valoración de estas ACTIVIDADES sobre pensamiento computacional e Inteligencia Artificial?



Cuestionarios de valoración (docentes)

Características de la muestra

El tamaño de la muestra válida es de 137 sujetos, con una ligera sobrerrepresentación masculina (51,1% frente al 48,2%), tal y como se puede ver en la Tabla XVI. Así, se ha conseguido acumular una muestra válida de tamaño medio (N= 137 sujetos) que se percibe bien equilibrada en la variable 'Sexo'.

Tabla XVI. Sexo

	Frecuencia	Porcentaje
Hombre	70	51,1
Mujer	66	48,2
Prefiere no decirlo	1	,7
Total	137	100,0

Si atendemos a las etapas educativas en las que el profesorado participante imparte docencia, podemos apreciar en la Tabla XVII que algo más de la mitad de los docentes encuestados ejercen docencia fundamentalmente en la etapa de Educación Secundaria Obligatoria, 3.º y 4.º ESO, correspondiendo el resto a la etapa de Bachillerato y a Formación Profesional.

Tabla XVII ¿En qué etapa educativa ejerce usted fundamentalmente su docencia?

	Frecuencia	Porcentaje
Secundaria	70	51,1
Bachillerato	44	32,1
Formación Profesional	23	16,8
Total	137	100,0

Al respecto de los años de experiencia docente de los docentes encuestados, el grueso (86 de 137 docentes, es decir, el 62,7%) se sitúa en el rango entre 11 y 25 años de experiencia docente, como se puede observar de la Tabla XVIII. En otras palabras, los docentes encuestados son mayoritariamente docentes experimentados y con una considerable trayectoria profesional a sus espaldas.

Tabla XVIII ¿Cuántos años de experiencia docente tiene usted?

	Frecuencia	Porcentaje
Entre 1 y 5 años	25	18,2
Entre 6 y 10 años	13	9,5
Entre 11 y 15 años	31	22,6
Entre 16 y 20 años	21	15,3
Entre 21 y 25 años	34	24,8
Entre 26 y 30 años	8	5,8
Más de 30 años	5	3,6
Total	137	100,0

Al respecto de los conocimientos y utilización de las herramientas *MIT App Inventor* y *ML4K* previos a la EPCIA 20/21 que los docentes encuestados declaran tener, se observa una gran diferencia entre ambas. Así, mientras que el 47,4% de los docentes declara haber utilizado ya *MIT App Inventor* en su docencia con anterioridad a la EPCIA 20/21; sólo el 3,65% lo declara en referencia a *ML4K*.

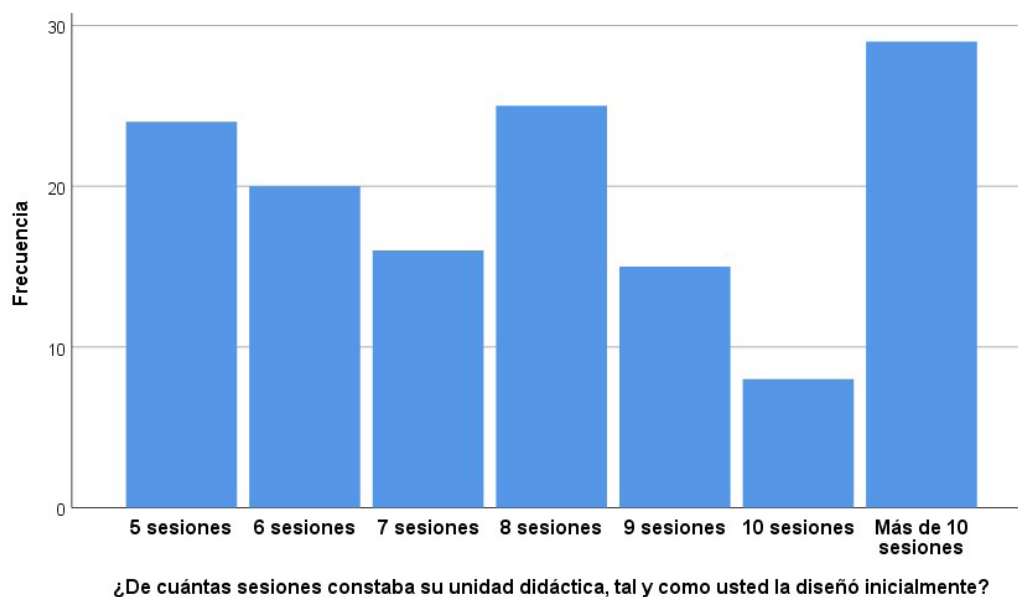
El cuestionario se realizó del 1 de mayo al 2 de junio de 2021.

Análisis

Número de sesiones diseñadas e implementadas

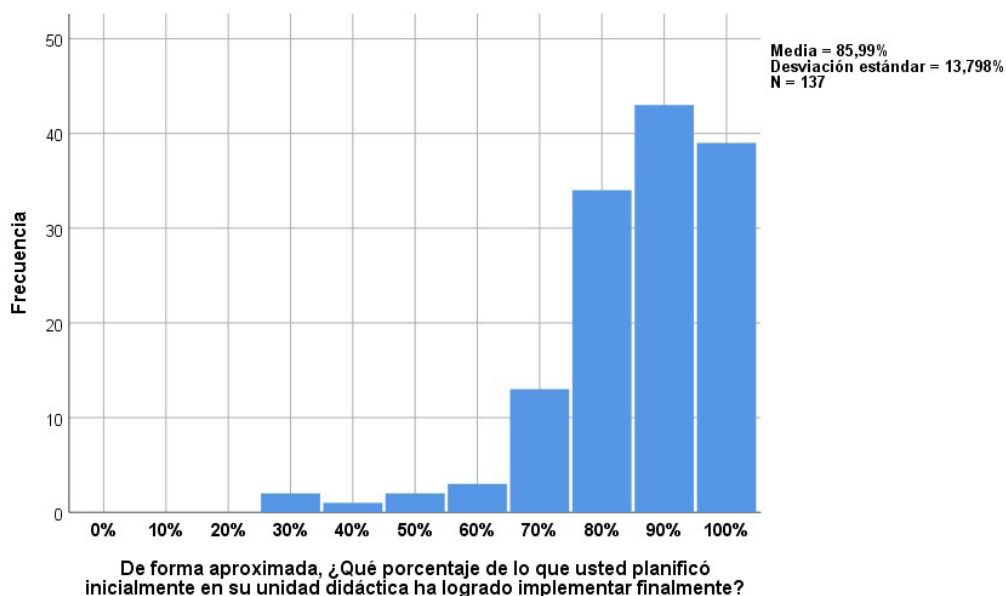
Todos los docentes encuestados diseñaron inicialmente, e implementaron finalmente en aula, al menos las 5 sesiones exigidas por la EPCIA 20/21 (véase la distribución en la Figura 9).

Figura 9. Número de sesiones diseñadas-planificadas inicialmente.



El porcentaje promedio de implementación efectiva (en relación a lo diseñado) fue del 85,99%; lo cual es destacable dadas las dificultades organizativas derivadas de la situación de pandemia. Sólo 39 de los 137 docentes encuestados en este Nivel III consiguieron implementar el 100% de lo diseñado en la fase de formación. Se puede ver la distribución del porcentaje de implementación en la Figura 10 a continuación.

Figura 10. ¿Qué porcentaje de lo que usted planificó inicialmente en su propuesta didáctica ha logrado implementar finalmente?



Asignaturas en las que se han desarrollado las propuestas didácticas

En la Tabla XIX se puede ver un abanico restringido de asignaturas o áreas en las cuales los docentes de Nivel III declaran haber implementado su propuesta didáctica. La pregunta era: “En qué asignatura/s o área/s ha realizado usted principalmente la implementación de la propuesta didáctica? (puede marcar varias opciones)”. Más concretamente, sólo hay 2 asignaturas o áreas en las cuales al menos una veintena de docentes declaran haber implementado su propuesta didáctica, a saber (de más a menos frecuente): ‘Informática’ y ‘Tecnología’. Ello contrasta con lo declarado por los docentes de Nivel II, que implementaron su propuesta didáctica en un abanico de asignaturas o áreas mucho más amplio.

Tabla XIX. Asignaturas/Áreas de implementación.

Asignatura o Área	Nº de docentes que han implementado en dicha asignatura o área	% sobre el total de docentes encuestados
Informática	59	43,1%
Tecnología	53	38,7%
Matemáticas	6	4,4%
Ciencias Naturales	6	4,4%
Ciencias Sociales	6	4,4%
TIC	6	4,4%
Lengua	5	3,6%
Inglés (u otros idiomas extranjeros)	3	2,2%

Percepción de los docentes sobre la propuesta didáctica implementada

En la Tabla XX se ofrece la media, la mediana y la moda de los valores obtenidos en cuanto a la percepción de los docentes sobre la propuesta didáctica implementada. La pregunta genérica era “¿En qué medida estás de acuerdo con las siguientes afirmaciones? (Escala de ‘0=Nada de acuerdo’ a ‘10=Totalmente de acuerdo’)” Los docentes generalmente muestran una percepción positiva, si bien cabe destacar que en la pregunta de si al alumnado le ha resultado fácil/sencillo realizar la propuesta didáctica con *MIT App Inventor* y *ML4K*, tienden a ser más neutrales. Por otro lado, sí perciben una gran motivación por parte del alumnado, siendo la puntuación más habitual un 9.

Tabla XX. Percepción sobre la propuesta didáctica implementada.

	Al alumnado le ha resultado fácil/sencillo realizar la propuesta didáctica con <i>MIT App Inventor</i> y <i>ML4K</i>	El alumnado ha estado motivado durante la realización de la propuesta didáctica con <i>MIT App Inventor</i> y <i>ML4K</i>	El alumnado se ha divertido durante la realización de la propuesta didáctica con <i>MIT App Inventor</i> y <i>ML4K</i>	El alumnado ha desarrollado su pensamiento computacional como consecuencia de la propuesta didáctica con <i>MIT App Inventor</i> y <i>ML4K</i>	El alumnado ha aprendido fundamentos de Inteligencia Artificial como consecuencia de la propuesta didáctica con <i>MIT App Inventor</i> y <i>ML4K</i>
Nº válido	137	137	137	137	137
Media	6,82	7,85	7,77	7,56	7,98
Mediana	7,00	8,00	8,00	8,00	8,00
Moda	8	9	9	7	7
Desviación típica	1,677	1,599	1,398	1,528	1,606
Mínimo	3	3	3	2	1
Máximo	10	10	10	10	10

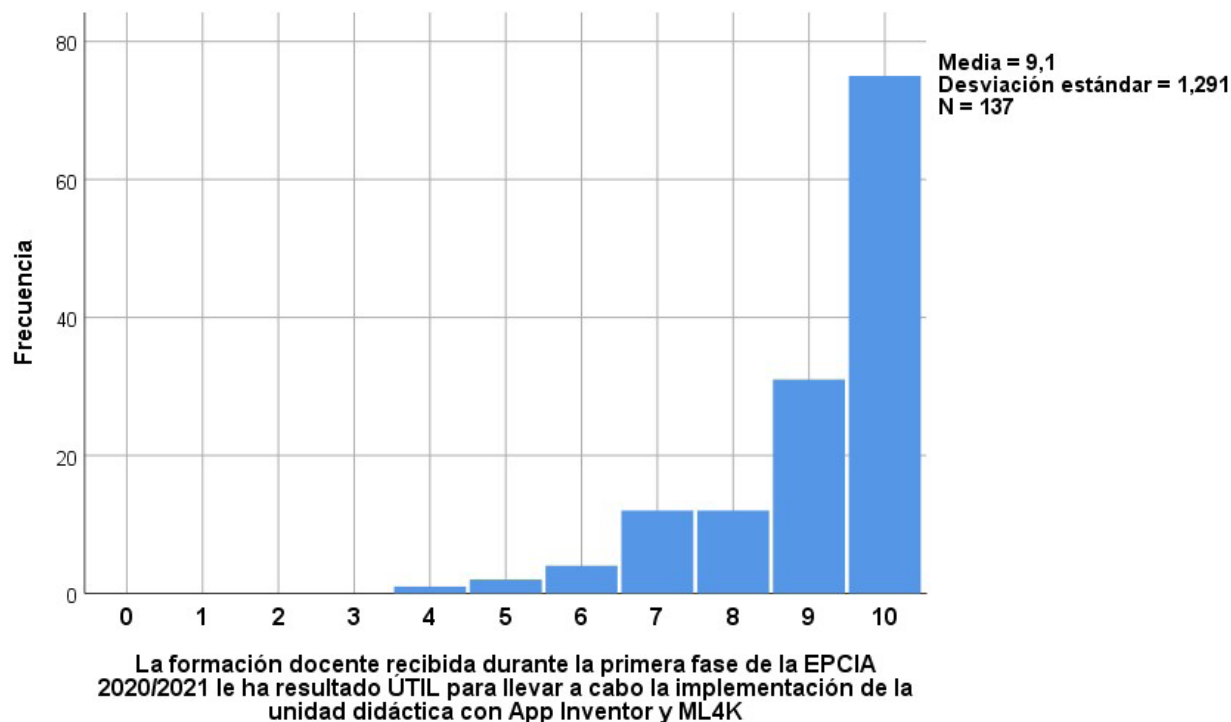
En conjunto, los docentes de Nivel III consideran que el alumnado ha estado notablemente ‘motivado’ (mediana=8) y que se ha ‘divertido’ también en un grado notable (mediana=8) durante la realización de la propuesta didáctica con *App Inventor* y *ML4K*. En menor medida, los docentes consideran que dicha propuesta didáctica le haya resultado ‘fácil/sencilla’ (mediana=7) al alumnado, lo cual puede interpretarse como un resultado deseable pues una facilidad excesiva podría haber repercutido negativamente en la motivación de los estudiantes.

Por otro lado, los docentes perciben que su alumnado ha desarrollado su pensamiento computacional y ha aprendido fundamentos de Inteligencia Artificial en un grado notable (media=7,56 y 7,98, respectivamente; mediana=8 en ambas cuestiones).

Percepción sobre utilidad de fase de formación

Como se ve en la Figura 11, los docentes consideran que les ha resultado altísimamente ‘útil’ la formación recibida durante la primera fase de la EPCIA 20/21 (media=9,1; mediana=10; moda=10), para llevar a cabo la posterior implementación de la propuesta didáctica con *MIT App Inventor* y *ML4K*. Así pues, se evidencia una valoración sobresaliente del profesorado con respecto a la formación recibida.

Figura 11. Utilidad de la formación docente recibida durante la primera fase de la EPCIA 20/21 para llevar a cabo la implementación de la propuesta didáctica con App Inventor y ML4K.



En conjunto, al igual que transmite el alumnado en sus cuestionarios, los docentes consideran que desarrollar el pensamiento computacional y aprender fundamentos de Inteligencia Artificial son cuestiones altísimamente ‘relevantes’ tanto para el futuro profesional como personal de sus estudiantes (media≈9), tal y como se puede ver en la Tabla XXI.

Tabla XXI. Percepción sobre la importancia del PC y de la IA para el futuro de su alumnado

	Desarrollar el pensamiento computacional es relevante para el futuro profesional (como trabajadores) de su alumnado	Desarrollar el pensamiento computacional es relevante para el futuro personal (como ciudadanos) de su alumnado	Aprender fundamentos de Inteligencia Artificial es relevante para el futuro profesional (como trabajadores) de su alumnado	Aprender fundamentos de Inteligencia Artificial es relevante para el futuro personal (como ciudadanos) de su alumnado
Nº válido	137	137	137	137
Media	9,12	8,70	8,91	8,65
Mediana	10,00	9,00	9,00	9,00
Moda	10	10	10	10
Desviación típica	1,182	1,492	1,300	1,473
Mínimo	5	3	5	3
Máximo	10	10	10	10

Cómo integrar el PC e IA en aula (transversal o a través de asignatura)

Como se puede apreciar en la Tabla XXII, aproximadamente 2 de cada 3 docentes consideran que la mejor forma de integrar el PC y la IA en el aula es de manera transversal a varias asignaturas. El tercio restante de docentes considera que la forma óptima sería a través de una asignatura concreta.

Tabla XXII. En términos generales, ¿de qué forma considera usted que es más adecuado integrar el pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial en el aula?

	Frecuencia	Porcentaje
A través de una asignatura concreta	49	35,8
De manera transversal a varias asignaturas	88	64,2
Total	137	100,0

Valoración de la adecuación de las distintas asignaturas o áreas para integrar pensamiento computacional (PC) e Inteligencia Artificial (IA)

Tal y como se puede ver en la Tabla XXIII, sólo tres asignaturas o áreas reciben una valoración de al menos notable (media > 7) cuando se pregunta al profesorado sobre la adecuación de las mismas para integrar la enseñanza-aprendizaje del PC y la IA; más concretamente y en orden descendiente de valoración: 'Informática' (media=9,15), 'Tecnología' (media=8,96), y 'Matemáticas' (media=7,93). La pregunta era: "Tras su paso por la EPCIA 20/21, indique en qué medida usted considera que las siguientes asignaturas o áreas son adecuadas para integrar la enseñanza-aprendizaje del pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial (Desde "0=Nada adecuada" hasta "10=Totalmente adecuada)". Cabe interpretar estos resultados como que el profesorado, aun teniendo mayoritariamente un deseo difuso de integrar transversalmente el PC y la IA, sólo percibe concretamente la adecuación de un pequeño grupo de asignaturas para realizar efectivamente dicha integración. Esta percepción contrasta con la de los docentes del Nivel II, que perciben en mayor medida esta integración de forma transversal. Se podría interpretar que el profesorado puede necesitar más formación y ejemplos concretos de cómo integrar el PC y la IA en asignaturas no tan evidentes como las mencionadas anteriormente.

Tabla XXIII. Adecuación de las distintas asignaturas o áreas para integrar el PC y la IA.

	Nº Válido	Media	Mediana	Moda	Desviación típica	Mínimo	Máximo
Matemáticas	137	7,93	8,00	10	2,284	0	10
Lengua	137	5,93	6,00	8	2,901	0	10
Informática	137	9,15	10,00	10	1,228	3	10
Tecnología	137	8,96	10,00	10	1,545	0	10
Ciencias Sociales	137	5,91	6,00	5	2,827	0	10
Ciencias Naturales	137	6,30	6,00	8	2,842	0	10
Lenguas Extranjeras (Inglés u otras)	137	6,01	6,00	8	2,949	0	10
Música	137	5,50	6,00	8	2,968	0	10
Educación Física	137	4,99	5,00	5	3,130	0	10
Educación Plástica	137	5,55	6,00	8	3,063	0	10
Educación en Valores	137	5,85	6,00	8	3,083	0	10

Intención futura

Al preguntar al profesorado sobre la posibilidad de que vuelvan a aplicar lo aprendido en la EPCIA 20/21 en su docencia durante el siguiente curso (21/22), el 99,3% de los participantes transmite que lo contempla (como se puede ver de la Tabla XXIV) ya sea de modo decidido (83,2%) o con algunos reparos (16,1%). En conjunto, podemos afirmar que la continuidad de la EPCIA queda apoyada y avalada por las valoraciones de los docentes.

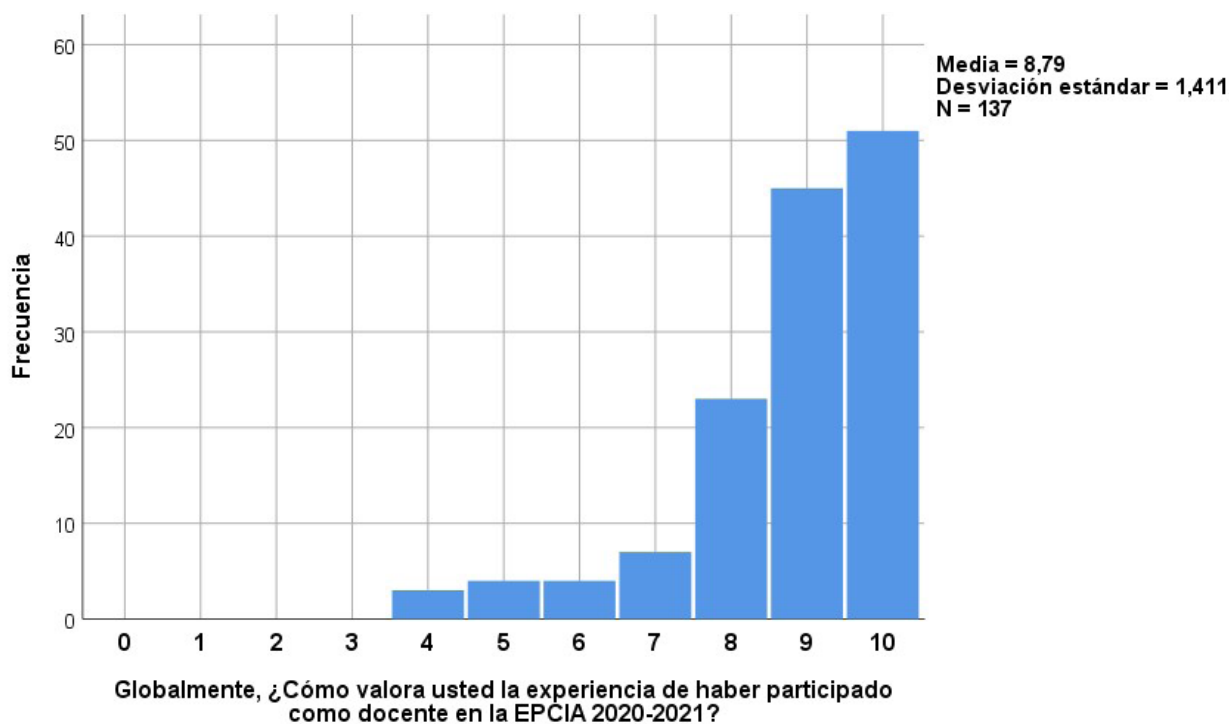
Tabla XXIV. De cara al próximo curso 21/22 ¿tiene usted previsto volver a aplicar en su docencia lo aprendido a lo largo de la EPCIA 20/21?

	Frecuencia	Porcentaje
No	1	0,7
Tal vez/Quizás	22	16,1
Sí	114	83,2
Total	137	100,0

Valoración global

Finalmente, los docentes hacen una valoración global sobresaliente (media=8,79; mediana=9; moda=10) sobre su paso como docentes por la EPCIA 20/21.

Figura 12. ¿Cómo valora usted la experiencia de haber participado como docente en la EPCIA 20/21?



Análisis cualitativo de las respuestas abiertas y entrevistas

Para la obtención de la información y posterior análisis se han examinado las respuestas abiertas del cuestionario de valoración realizado a una muestra de 137 docentes participantes de las etapas educativas de Educación Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional, así como las entrevistas

abiertas que fueron desarrolladas en 5 sesiones, para las que se seleccionaron 15 docentes de todas las etapas agrupados según los intereses de la investigación.

El estudio de los datos se llevó a cabo con el *software* informático Atlas ti 9., del que se han obtenido 803 citas que recogen 25 códigos y 6 categorías centrales que han sido estudiadas mediante la técnica de análisis de contenido.

Finalmente, y como resultado del proceso de análisis realizado, se observa un conjunto de hipótesis emergentes que recogen las valoraciones e impresiones de los participantes y nos ofrecen información para otros docentes que tengan interés en implementar actividades relacionadas con el pensamiento computacional e Inteligencia Artificial con sus estudiantes.

Descripción de la propuesta didáctica

En la fase de implementación los docentes han llevado a cabo propuestas didácticas con *MIT App Inventor* e Inteligencia Artificial que consistían, al igual que en el nivel anterior, en la introducción de conocimientos previos y la iniciación al manejo de estas herramientas. Se han diseñado propuestas que han trabajado con el detector de sentimientos y asesor de lectura, y se han llevado a la práctica propuestas con mayores grados de complejidad, que introducirán elementos como *bluetooth* y reconocimiento de voz, evidenciando un mayor dominio de las herramientas utilizadas, pero en las que se pone de relieve el diseño de una temporalización que ha resultado escasa.

Coincidiendo con la línea de trabajo de los docentes del Nivel II, en este nivel también se han aprovechado los conocimientos sobre *MIT App Inventor* y *ML4K* para articular propuestas didácticas vinculadas al currículo oficial, en áreas como Matemáticas, Tecnología, Ciencias Sociales, Ciencias Naturales, Física y Química, Prevención de Riesgos Laborales y Lenguaje.

“Preparación de una App que utilizaba la Inteligencia Artificial para averiguar a la etapa de qué Borbón pertenecía un hecho determinado.”

Los docentes han llevado a la práctica propuestas didácticas relacionadas con las competencias vinculadas a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)⁵ que pueden desarrollarse desde cualquier asignatura del currículo. Así, participadas por IA y aplicaciones como *MIT App Inventor*, se han descrito experiencias dentro del aula para:

- Orientar académicamente al alumnado
- Aplicaciones para el conocimiento del entorno y el turismo
- Ayuda al reciclaje
- Diseño y control de un huerto escolar
- Detectores de Ciberacoso y mal uso de redes sociales

Valoración y consejos de los docentes participantes

Es importante destacar, en primer lugar, que los docentes participantes nos trasladan de forma general en los cuestionarios y entrevistas que tanto la adaptación de las propuestas didácticas a la programación de su asignatura como la realización de los test al alumnado, como parte de la fase de investigación del proyecto, han sido elementos que han influido en el desarrollo previsto de la actividad de sus propuestas en el aula. Estos aspectos deben tenerse en cuenta a la hora de analizar los distintos aspectos sobre de la fase de implementación de las propuestas didácticas, tanto en lo referente a la parte organizativa de gestión del tiempo con el alumnado, como a la parte administrativa y pedagógica, de integración de las propuestas didácticas en las programaciones y

⁵ <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

su temporalización, especialmente en cursos como 2.º de Bachillerato, cuya programación curricular está condicionado por el calendario de la EVAU, y en los módulos obligatorios de prácticas en FP.

De igual modo, en cuanto a los aspectos técnicos, cabe valorar que los docentes señalan las limitaciones de la herramienta de Inteligencia Artificial utilizada, que no incluye la posibilidad de implementar modelos de reconocimiento de imágenes y que tenía la limitación de un máximo de 5 alumnos para trabajar en el mismo proyecto. No obstante, muchos de los docentes han reconocido que el haber planificado una propuesta didáctica demasiado ambiciosa ha añadido dificultades a su implementación.

“Fui demasiado ambicioso en el proyecto que planteé”

Por otro lado, los docentes nos trasladan la importancia de contar con recursos informáticos apropiados para las propuestas didácticas, la conexión Wifi disponible en el centro educativo y la interacción de los dispositivos y las herramientas tecnológicas que se vayan a utilizar. Del mismo modo, se señala además la importancia de valorar y tener en cuenta los conocimientos previos propios y de alumnado, para programar con éxito con *MIT App Inventor* y llevar a cabo las actividades que se diseñen.

Valoración de la formación previa a la implementación de las propuestas didácticas

Los docentes señalan que la fase de formación está entre los aspectos más positivos y valorados de su participación en la EPCIA. Así, los participantes expresan una muy buena opinión de los docentes-tutores que los han acompañado en su proceso formativo. Señalan la rapidez de respuesta ante las dudas y el seguimiento exhaustivo que les han hecho durante todo el curso. De este modo, coinciden en reconocer la calidad del material que les han proporcionado, la buena formación recibida, así como la disponibilidad de los recursos y la labor del profesorado.

“La metodología de trabajo es muy acertada, con contenidos claros y fáciles de seguir y muy acorde con la práctica requerida. Otro aspecto muy positivo es la constante ayuda que hemos recibido por parte de los tutores.”

Los nuevos aprendizajes incorporados sobre *MIT App Inventor* e Inteligencia Artificial son elementos que igualmente han sido muy valorados por los docentes desde el ámbito personal, pero también desde el punto de vista del alumnado. En su opinión, saber incorporar estas herramientas en el aula con resultados positivos es una excelente estrategia para despertar la motivación del alumnado, planteando además, las posibilidades de conectar a través de propuestas didácticas sostenidas en IA con ámbitos académicos de otras áreas curriculares que resultan del interés del alumnado.

“[...] El alumnado ha estado muy motivado y muchos han perdido el miedo al tema de programación que en un principio asustaba a muchos de ellos. El alumnado que escoge la opción de ciencias de la salud ha podido comprobar que estos temas también tienen muchas aplicaciones en los campos que más le interesan.”

De acuerdo con este enfoque, se destaca, por encima de todas las valoraciones, la utilidad de la EPCIA tanto por las posibilidades que ofrece de rentabilizar la formación recibida como para incorporar contenidos curriculares de distintos ámbitos. En este aspecto, el sentir expresado por todos los profesionales que han realizado la formación es que, más allá de su utilidad académica, la aplicación de los conocimientos de IA y pensamiento computacional es completamente necesaria para el futuro personal y profesional del alumnado.

Con el objetivo de mejorar esta formación, los docentes han coincidido en que sería positivo disponer de más ejemplos y aplicaciones en la fase de formación, de modo que estos conocimientos previos

les permita comprender mejor el funcionamiento de *MIT App Inventor* y *ML4K*, redundando en una mejor aplicación posterior en el aula.

Para esta fase de diseño e implementación de propuesta didácticas, los docentes valorarían poder contar con modelos ya diseñados que, en opinión de los docentes participantes, faciliten la fase de implementación dentro del aula.

“Incluiría propuestas resueltas completamente, con propuestas didácticas, y actividades, que pudieran ser utilizadas por los docentes para implementarlas en sus aulas. De esa manera podríamos optimizar las horas que tenemos con el alumnado para impartir todos estos contenidos”

Análisis de la experiencia con las propuestas didácticas diseñadas

La primera reflexión de los docentes de la EPCIA 20/21 en cuanto a sus propuestas didácticas tiene que ver con la importancia de planificarla con objetivos menos ambiciosos y adaptarla tanto al nivel e interés del alumnado involucrado como a los tiempos de los que se dispone en cada caso. A este respecto, los docentes plantean la necesidad de dedicar más sesiones a sus propuestas didácticas, que favorezcan que el alumnado pueda ampliar sus conocimientos y la mejora del diseño de su aplicación, barajando así la posibilidad de hacer una temporalización diferente. De este modo, valoran la importancia de una temporalización que permita impartir, por ejemplo, nociones básicas de Inteligencia Artificial en 1.º de Bachillerato y realizar en 2.º una propuesta didáctica más ambiciosa. Esta perspectiva es compartida por la mayoría de los participantes en la EPCIA, que observan la conveniencia de utilizar ejemplos y actividades prácticas como introducción sencilla a la programación y al pensamiento computacional, para continuar trabajando con *MIT App Inventor* y finalmente introducir *ML4K*.

Por otro lado, y coincidiendo con los compañeros del Nivel II, algunos docentes han expresado que, para mejorar su propuesta didáctica, sería recomendable dar más autonomía al alumnado para trabajar de forma menos dirigida en la realización de apps con IA. Por último, los docentes proponen como una apuesta segura el trabajo con imágenes, ya que consideran que es una estrategia muy motivadora, que puede enganchar al alumnado menos interesado.

Conclusiones del análisis cualitativo

Atendiendo a una perspectiva general, los docentes han manifestado su intención de continuar desarrollando propuestas didácticas como las trabajadas, evidenciado su entusiasmo y satisfacción por haber participado en la Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial (EPCIA). En este sentido, además de la buena valoración que han realizado del proceso de formación observan, de manera muy positiva, las posibilidades que los aprendizajes incorporados les ofrecen para el trabajo en el aula desde una perspectiva interdisciplinar y transversal.

Así mismo, con independencia de la materia o disciplina desde la que se trabaje, los participantes opinan que el pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial son ámbitos de actualidad que deben considerarse relevantes para los estudiantes porque, además de estar vinculados con las habilidades que reconocen inherentes en el alumnado para el trabajo con las tecnologías, presentan una forma de aprender más atractiva, motivadora y conectada con los intereses de los jóvenes del siglo XXI. Los docentes coinciden en afirmar que este tipo de aprendizajes son necesarios para que los estudiantes afronten una realidad social y empresarial que reclama, con mayor frecuencia, personas con aptitudes digitales directamente relacionadas con la programación e Inteligencia Artificial.

En esta línea de argumentación, se destaca la importancia de formar alumnado competente, capaz de ser crítico con la información que recibe a través de las redes: *fake news* o control de publicidad,

entre otros. Para ello, tal y como expresan los docentes, se plantea la idea de incluir este tipo de formación como contenido dentro de la programación didáctica, y destacan que su labor en este sentido debe estar orientada a conducir el aprendizaje para hacer realidad esa meta.

Por ello, los docentes proponen que se incluyan contenidos relacionados con el PC y la IA de algún modo en el currículo oficial. Aun así, reconocen que para hacerlo realidad es necesario articular estos aprendizajes por niveles de complejidad y teniendo en cuenta el curso y ciclo al que van a dirigirse.

Para lograrlo es imprescindible disponer de recursos suficientes para llegar a todo el alumnado y contar con docentes adecuadamente formados para el trabajo con estas herramientas, de manera que se pueda garantizar la atención adaptada a la realidad de las aulas y de los centros, así como a la diversidad de alumnado y ritmos de aprendizaje.

Análisis de proyectos de MIT App Inventor

Características de la muestra

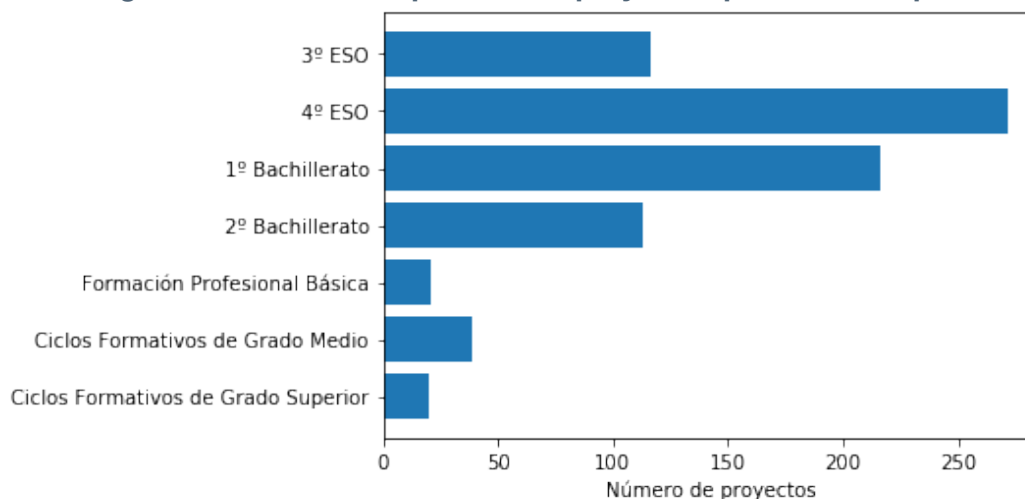
El número de proyectos totales analizados ha sido de 814, creados por alumnado de 129 docentes diferentes. Estos proyectos han sido elaborados en distintos cursos como se puede observar en la Figura 13. Se puede comprobar que los cursos donde se obtienen más proyectos es en 4.º de la ESO y 1.º de Bachillerato. Por contra, el número de proyectos recogidos de estudiantes de Formación Profesional no llega a 100.

Hay evidencia de que la recogida de datos y el muestreo de proyectos han sido válidos, dado que:

- Los cursos que aportan más proyectos son, en este orden, 4.º ESO y 1.º de Bachillerato. Esto coincide exactamente con los dos cursos que aportan más respuestas al cuestionario de estudiantes. Es decir, hay consistencia entre ambas fuentes de datos, lo que contribuye a su validación cruzada.
- Hay proyectos procedentes de 129 centros educativos diferentes, lo que coincide casi exactamente con el número de docentes que respondieron al cuestionario de Nivel III (137 docentes). Es decir, el muestreo de proyectos es representativo (casi exhaustivo) a nivel de centros.

El número de proyectos totales analizados ha sido de 814, creados por alumnado de 129 docentes diferentes.

Figura 13. Gráfica comparativa de proyectos por curso/etapa.

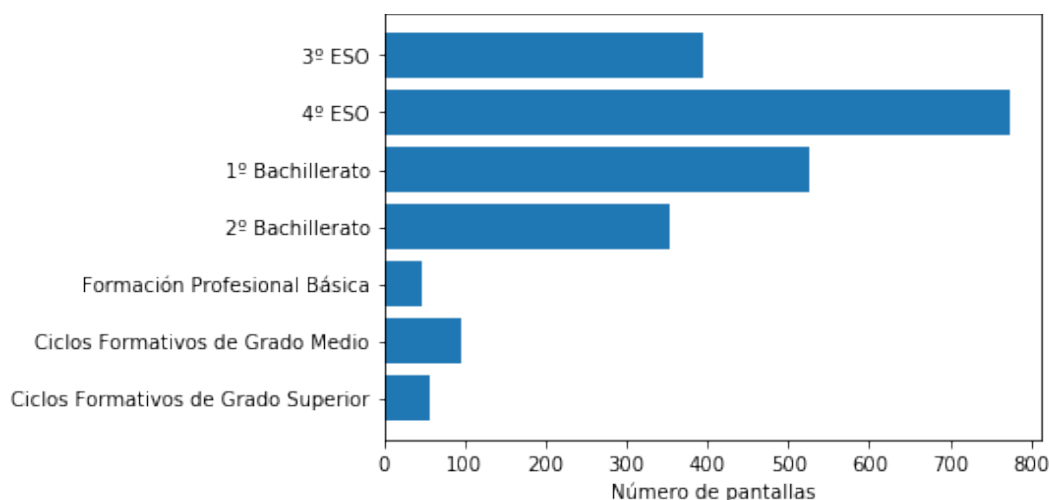


Análisis

Los programas creados con *MIT App Inventor* están pensados para ser ejecutados en un *smartphone*. El resultado son aplicaciones de móvil donde se pueden definir varias pantallas. De esta manera, una primera forma de ver la complejidad de los proyectos es mediante el análisis del número de pantallas por proyecto. Esto es justamente lo que muestran la Figura 14 y la Figura 15.

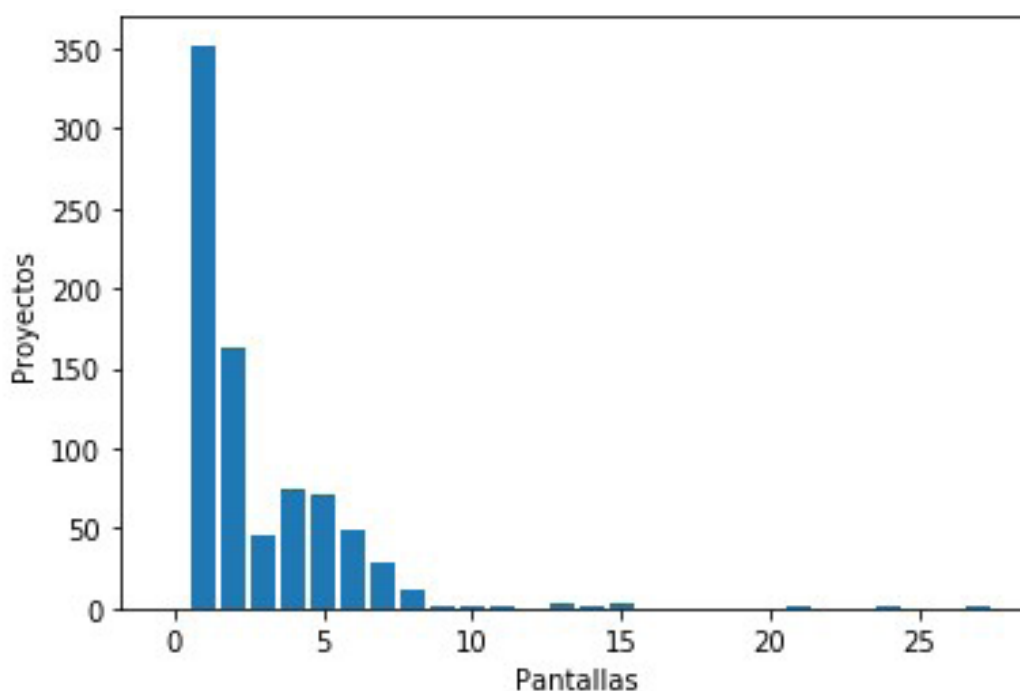
En la Figura 14 se puede ver el número de pantallas en proyectos por curso/etapa educativa. Se puede observar que los resultados son similares a los mostrados en la Figura 13, lo que es indicativo de que no hay una gran variación entre cursos o etapas educativas en cuanto al número de pantallas. Se puede constatar, por tanto, que no hay diferencias en la complejidad, al menos medida en número de pantallas, entre las diferentes etapas educativas.

Figura 14. Número de pantallas en proyectos por curso/etapa.



La Figura 15 muestra el número de pantallas por proyecto. La media global de pantallas por proyecto es de 2,87, siendo 2 la mediana. La moda, como se puede determinar claramente de la figura, es 1 pantalla. Hay proyectos con más de 10 pantallas, pero son muy poco frecuentes.

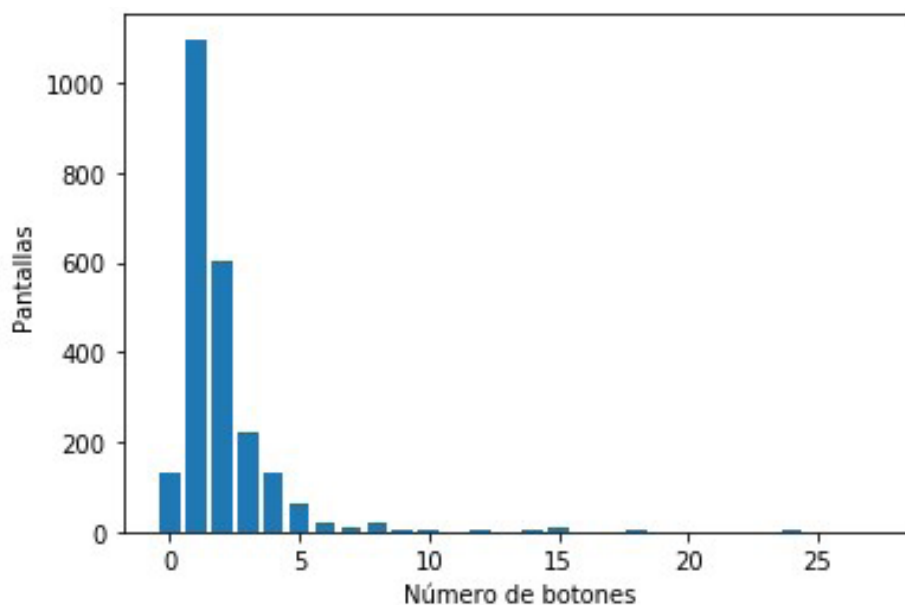
Figura 15. Número de pantallas por proyecto



Podría darse el caso de que los proyectos tuvieran un número pequeño de pantallas, como es el caso, y que aun así fueran proyectos con cierta complejidad. Una manera de determinarlo es analizando el número de botones por pantalla. Esto es debido a que las aplicaciones de *MIT App Inventor* resultante interactúan con el usuario generalmente mediante la pulsación de botones. Cuantos más botones tiene una pantalla, más tipos diferentes de interacciones ofrecerá y, por tanto, contendrá más funcionalidad y será más compleja.

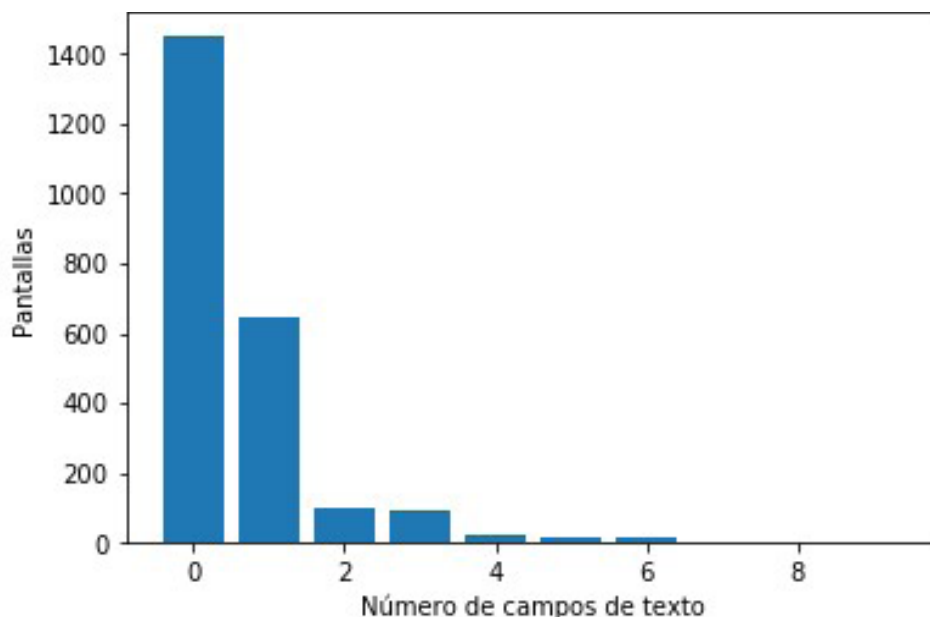
La Figura 16 muestra la distribución de botones por pantalla en los proyectos analizados. Se puede observar que el número de botones es en general limitado, siendo la media 2,00, la mediana 1 y la moda 1. En resumidas cuentas, los proyectos no son tampoco muy complejos en esta dimensión.

Figura 16. Número de botones por pantalla



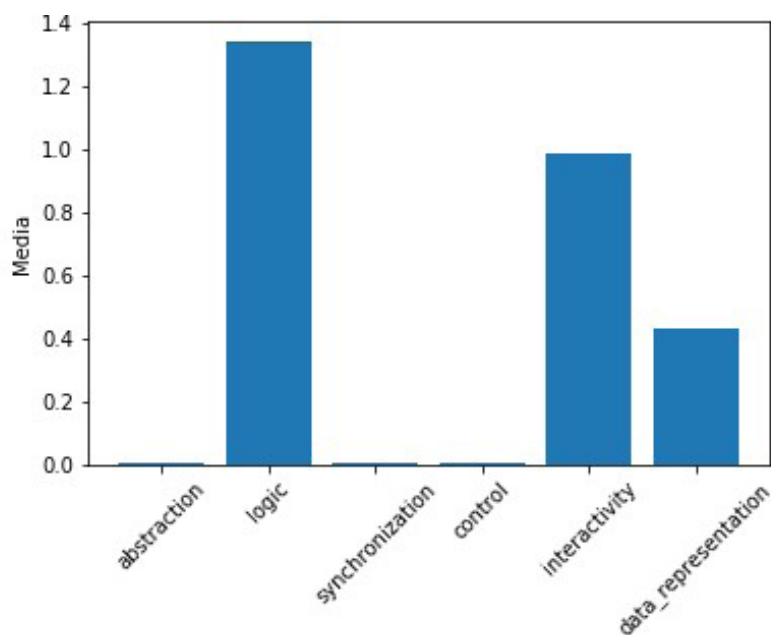
Después de los botones, los campos de introducción de texto son la forma más habitual de interactuar con el usuario de una aplicación. Es por ello que se ha investigado si este tipo de campos son frecuentemente utilizados en los proyectos analizados. Como se puede observar en la Figura 17, los campos de texto se utilizan con poca frecuencia. La media es 0,60, la mediana 0 y la moda 0.

Figura 17. Número de campos de texto por pantalla



Finalmente, hemos investigado la expresividad de los proyectos de *MIT App Inventor* analizados. Cada una de las seis dimensiones analizadas recibe una puntuación de 0 (ausencia) a 3 (máximo). La Figura 18 muestra la media de las dimensiones por pantalla. De las seis dimensiones analizadas, hay tres que no se utilizan (o se utilizan si acaso marginalmente) como son abstracción, sincronización y control. La única dimensión que se utiliza moderadamente es la de la lógica (secuencias if o if-else), seguida por la interactividad (botones o campos de texto). También se puede observar cierto uso de la representación de datos, aunque muy ligeramente. Esto indica que las aplicaciones desarrolladas son muy sencillas y constan de una diversidad de bloques muy limitada.

Figura 18. Media (por pantalla) de las diferentes dimensiones



Los resultados de los análisis de proyectos sugieren que se ha puesto más énfasis en la concepción, construcción y entrenamiento del modelo de *machine learning*, que en su implementación posterior como un proyecto de programación complejo.

Síntesis de buenas prácticas

El procedimiento para elaborar este apartado fue el siguiente: se solicitó a los tutores de la EPCIA, responsables de la formación y del seguimiento de la implementación de los docentes participantes en Nivel III, que seleccionaran a su criterio las mejores propuestas didácticas de entre las realizadas por sus tutorizados (máximo 2 propuestas didácticas seleccionadas por cada tutor). Posteriormente, se hizo llegar el conjunto de propuestas didácticas seleccionadas al equipo externo de investigación. Concretamente, los investigadores recibieron un total de 12 propuestas didácticas, anonimizadas, seleccionadas en este Nivel III. Sobre dicho conjunto de propuestas didácticas, dos investigadores realizaron una observación-análisis independiente con el objetivo de sintetizar y extraer los elementos comunes que tienden a repetirse en todas ellas. La hipótesis latente del procedimiento es la siguiente: si se detectan elementos comunes a lo largo de la mayoría de las propuestas didácticas que han sido valoradas como excelentes por los tutores, dichos elementos podrían ser considerados como principios o directrices que orienten en el futuro a los participantes de próximas ediciones de la EPCIA en el diseño e implementación de sus “buenas prácticas”.

Con independencia de la temática que se haya trabajado, las propuestas didácticas coinciden en tres puntos fundamentales que nos pueden ayudar a plantear, en futuras ediciones de la EPCIA, algunas recomendaciones en forma de “Buenas Prácticas” para los docentes que deseen participar.

Objetivos

Dado que nos encontramos en los últimos cursos de Educación Secundaria y Bachillerato, los objetivos tienen una clara orientación académica, acorde con el momento del desarrollo psicosocial que presentan el alumnado de estos niveles. Además, han de contar con un enfoque que se vertebrar en el alcance de las competencias necesarias para el salto a la sociedad de la información y el conocimiento. En este aspecto, pueden servir de ejemplo algunos objetivos recogidos de propuestas didácticas elaboradas en la edición 20/21:

- Progresar en el desarrollo de destrezas básicas en la utilización de fuentes de información para adquirir nuevos conocimientos con sentido crítico.
- Obtener una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación.
- Mejorar y reforzar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo como condición necesaria para una realización eficaz de las tareas del aprendizaje y como medio de desarrollo personal.
- Dotar al alumnado de pensamiento crítico y lógico en un mundo donde la ciencia y la tecnología cada vez tienen más impacto en sus vidas y en su entorno.
- Implementar actividades STEAM para dar respuesta a los retos de la sociedad actual y del futuro.
- Respetar el derecho a la intimidad en la red, la propiedad intelectual de las creaciones digitales y respetar la propia identidad digital y la de los demás.

Metodología

Respecto al enfoque metodológico, si bien es cierto que evidencia de forma más clara el fomento de una mayor autonomía en el alumnado, podemos observar una perspectiva similar a la de los docentes de Nivel II. En este sentido también se reconoce el principio de participación y trabajo colaborativo en las primeras sesiones, aunque se observa una mayor tendencia al trabajo individual en la práctica con *MIT App Inventor* y *ML4K*.

Así para optimizar el diseño de la propuesta didáctica de forma que se configure como “Buena Práctica” podemos establecer una metodología que trabaje en las sesiones siguiendo los siguientes ejemplos:

- Explicación de la actividad que se va a proponer al alumnado.
- Indagar sobre los conocimientos previos que el alumnado tienen acerca de Inteligencia Artificial y de las aplicaciones que se van a trabajar.
- Introducción y toma de contacto con *MIT App Inventor* y *ML4K*.
- Introducción a la programación de dispositivos Android mediante lenguajes de programación con bloques.
- Desarrollo de los contenidos y tema de la propuesta didáctica planificada.
- Identificación de materiales adicionales y de espacios colaborativos de solución de problemas.
- Exposición o presentación del proyecto realizado.

Evaluación

Para los docentes de este nivel la evaluación de su propuesta didáctica está muy vinculada al logro de las competencias curriculares y a la adquisición de habilidades, conocimientos y destrezas conse-

guidas por el alumnado. En este caso los proyectos se han evaluado utilizando los métodos que pueden ser complementarios y que se muestran, a continuación como ejemplo:

- Evaluación sumativa de todas las actividades realizadas.
- Formularios de Google.
- Subiendo las evidencias de las prácticas realizadas a plataformas de trabajo colaborativo.
- Evaluación entre iguales mediante exposiciones orales.
- Autoevaluación y coevaluación a través de formularios y con el apoyo de la herramienta Corubrics.

Conclusiones finales

A modo de **introducción de este apartado de conclusiones finales**, es necesario destacar un par de cuestiones que han estado latentes a lo largo de todo el documento:

- En conjunto, **este informe ha dado cuenta de una investigación que ha involucrado muestras de gran tamaño (más de 2.000 estudiantes y más de 100 docentes) a nivel del territorio nacional**. En este sentido, la investigación realizada destaca por ser uno de los estudios a mayor escala que hasta el momento se han acometido en el mundo al respecto del desarrollo del pensamiento computacional (PC) y de la adquisición de fundamentos sobre Inteligencia Artificial (IA) en estas edades (≈ 14 -18 años).
- Además, **la investigación realizada destaca por haber utilizado técnicas e instrumentos tanto cuantitativos como cualitativos**; recogiendo información de diversos tipos de fuentes: estudiantes, docentes y productos-proyectos. Es decir, el presente informe ha dado cuenta de una investigación que destaca por su metodología mixta y comprensiva, que permite triangular resultados y obtener interpretaciones de mayor profundidad.

También como antesala de las conclusiones, se desea hacer constar de manera sintética algunas **dificultades que se han detectado en la EPCIA 20/21 dentro del Nivel III**, que si bien coincide con las detectadas en el nivel II, volvemos a incluirlas en esta sección del nivel III para que se tengan en cuenta a la hora de evaluar las conclusiones:

- A. Algunos participantes han encontrado dificultades para contar en sus centros educativos con los equipos informáticos que precisaban para sus propuestas didácticas o tareas relacionadas con el proyecto.
- B. Las tareas propias de la investigación, que incluían la gestión por parte de los participantes de los test y pruebas tanto de docentes como de alumnado en la investigación, han requerido una dedicación elevada de tiempo, lo que ha afectado a la organización de otras tareas y actividades.
- C. En relación con el punto anterior, la necesidad de realizar el proyecto en un mismo curso, dificulta el desarrollo pleno de la propuesta didáctica de más de 5 sesiones de clase.
- D. A lo largo del desarrollo de actividades durante la fase de implementación con el alumnado, los participantes experimentaron algunas dificultades derivadas de las limitaciones intrínsecas a la herramienta '*Machine Learning for Kids*' (ML4K).
- E. También cabe destacar que los conocimientos y habilidades previas de los docentes participantes eran variadas, lo que en algunos casos se ha traducido en la falta de conocimientos mínimos previos sobre programación en *MIT App Inventor* que se ha sumado a la falta de prácticas de mayor complejidad en la formación. Estos distintos ritmos y niveles de los estudiantes, tanto por exceso como por defecto, han complicado las tareas y actividades de los participantes.

Teniendo en cuenta estas dificultades transmitidas por los participantes, Las **conclusiones principales** de este informe sobre la Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial (EPCIA) 20/21 en su Nivel III (*App Inventor* y *Machine Learning for Kids*) son:

- **Los test y pruebas utilizados han sido fiables.** Más concretamente al respecto de los test o pruebas de corte cuantitativo que se han utilizado en Nivel III, el Test de Pensamiento Computacional (versión TPC-RA+B) y la Prueba de conocimientos sobre Inteligencia Artificial (P-IA); es muy destacable que en la presente investigación se han podido obtener mediciones fiables en ambos casos. Ello es ya de por sí una contribución de esta investigación a la comunidad educativa, pues se ha evidenciado que es posible medir con precisión el PC y los conocimientos sobre IA en población escolar española de 3.º ESO a 2.º Bachillerato y en los Ciclos Formativos. **Ambos instrumentos, TPC-RA+B y P-IA, son de acceso libre y gratuito para toda la comunidad educativa (bajo petición a los autores de este informe), que puede beneficiarse de contar para el futuro con test y pruebas fiables en este ámbito.**
- **Se ha desarrollado la herramienta *Dr. App Inventor*.** Siguiendo con los instrumentos utilizados, es relevante destacar el desarrollo de una herramienta expresamente creada para esta investigación: *Dr. App Inventor*. Esta herramienta permite analizar y evaluar automáticamente los proyectos programados con *App Inventor* en cuanto a diversos parámetros: grado de expresividad ($\approx$ tipos de bloques utilizados en el proyecto), número de pantallas, número de botones, etc... ***Dr. App Inventor* es software libre inspirado en una herramienta anterior ya muy consolidada en el mundo docente y académico (*Dr. Scratch*), y supone otra contribución concreta de esta investigación a la comunidad educativa.**
- **El proyecto no ha contribuido a mejorar el PC de los participantes, aunque ello presenta matices.** Globalmente, en el Nivel III no se ha producido una mejora estadísticamente significativa en el pensamiento computacional de los participantes a raíz de haber recibido la correspondiente propuesta didáctica (tamaño del efecto casi nulo, $d \approx 0$). Sin embargo, cabe matizar esta conclusión es un doble sentido: a) esta ausencia de mejora puede deberse en parte a que la prueba utilizada (TPC-RA+B) se mostró excesivamente sencilla para los estudiantes de Nivel III, no recogiendo así las potenciales mejoras de los participantes con mayores niveles de pensamiento computacional; b) en el caso de la sub-muestra de género femenino, que justamente partía de un nivel menor en pensamiento computacional, el TPC-RA+B sí permitió detectar una mejora estadísticamente significativa, aunque de tamaño pequeño ($d = 0,1$). En otras palabras, **la implementación de la propuesta didáctica sí parece haber contribuido a cerrar ligeramente la brecha de género en pensamiento computacional existente entre chicos y chicas de estas edades. Es decir, la intervención educativa ha mostrado su bondad para avanzar en la equidad de género en esta área.**
- **El proyecto sí ha contribuido a mejorar los conocimientos sobre IA de los participantes.** Por otro lado, sí se ha evidenciado que las propuestas didácticas implementadas en el marco de la EPCIA 20/21 han contribuido a elevar significativamente el nivel de conocimientos sobre Inteligencia Artificial de los participantes. Es decir, en conjunto la EPCIA 20/21 ha tenido un efecto positivo sobre los conocimientos de IA de los participantes de Nivel III; si bien este efecto ha sido globalmente sólo de tamaño ‘pequeño’ ($d = 0,14$). Cabe igualmente matizar esta conclusión en un doble sentido: a) la pequeña mejora detectada podría haber sido mayor en caso de haber aplicado un instrumento de mayor dificultad, puesto que la prueba aplicada (P-IA) evidenció un acusado ‘efecto techo’ (un número destacable de sujetos, especialmente en Bachillerato, llegó a la puntuación máxima de la prueba, no pudiéndose así detectar su límite superior real de conocimientos sobre IA); b) en el caso de la sub-muestra de 4.º ESO, que es la de mayor tamaño ($n = 602$) y en la cual el ‘efecto techo’ aún no llega a ser excesivo, sí que se

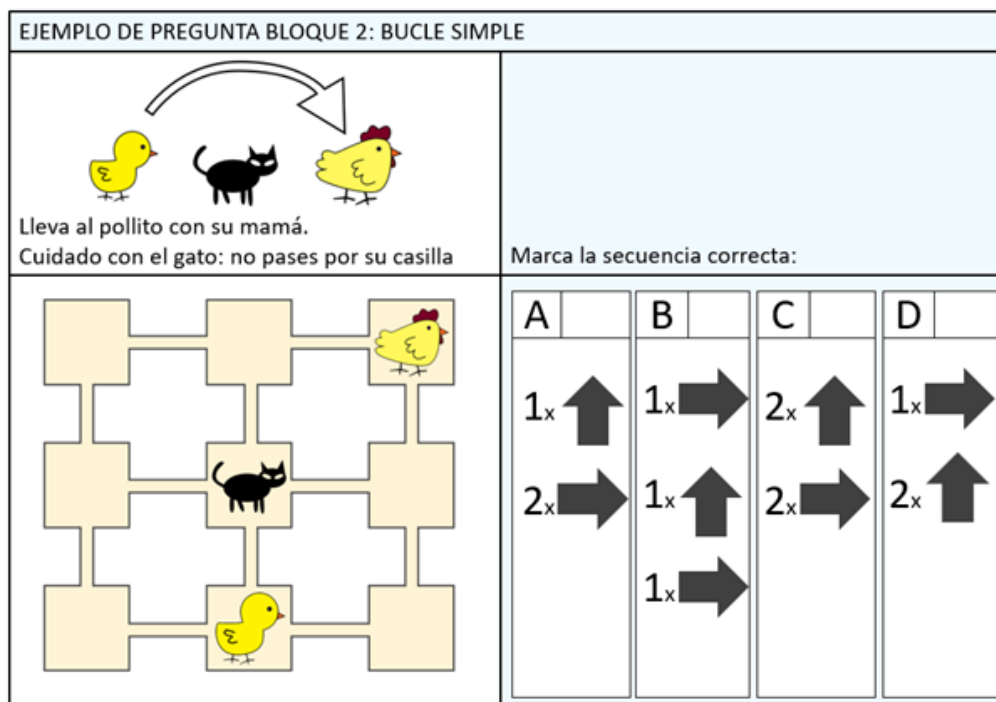
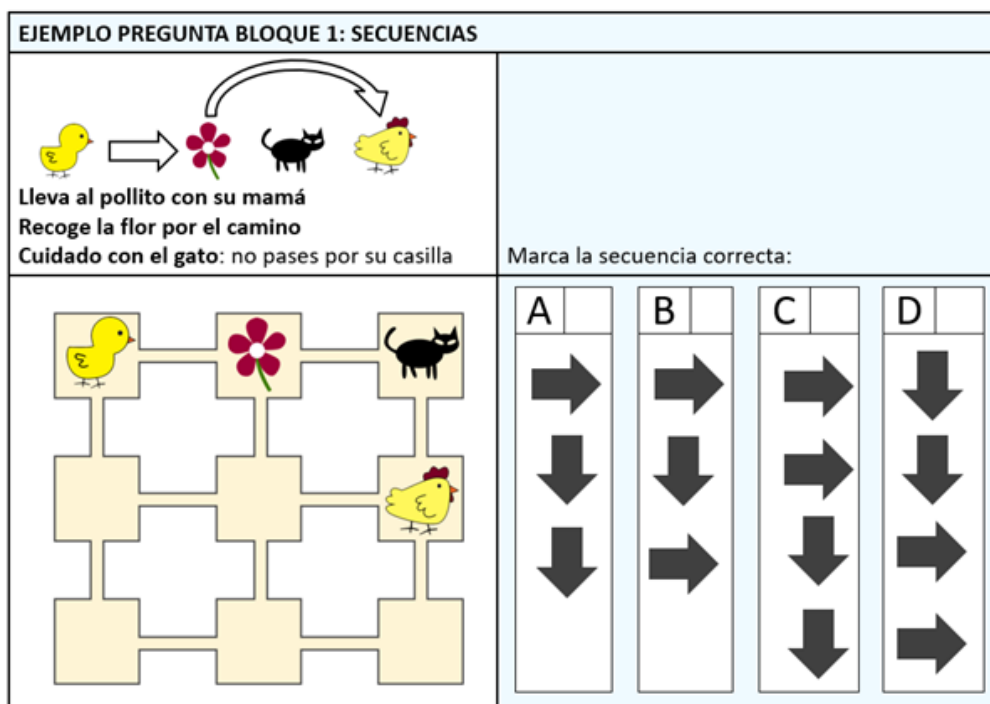
detecta una mejora de tamaño ya destacable ($d=0,31$). **En otras palabras, existen indicios de que la mejora real en conocimientos sobre Inteligencia Artificial ha sido efectivamente mayor de la que se ha podido detectar empíricamente con la P-IA.**

- **El impacto del proyecto ha sido mayor sobre los conocimientos de IA que sobre el desarrollo del PC.** El hecho de que la EPCIA 20/21 en este Nivel III haya tenido un mayor impacto positivo sobre los conocimientos de IA que sobre el desarrollo del PC de los participantes, era esperable y consistente con la propia concepción de la intervención: la enseñanza-aprendizaje de la programación con App Inventor (con el subsiguiente desarrollo del PC) no ha sido el objetivo principal de la EPCIA 20/21 sino únicamente el medio para articular proyectos que involucrasen contenidos de IA, contenidos que han sido el foco de la intervención. Esta afirmación es apoyada igualmente por el análisis realizado sobre los proyectos de App Inventor entregados durante esta edición de la EPCIA, cuyo nivel de complejidad es medio-bajo (escaso número promedio de pantallas y de botones por proyecto), al igual que su nivel de expresividad (escasa diversidad de bloques de programación utilizados). Además el conjunto de proyectos de App Inventor analizado es notablemente homogéneo a lo largo de todos los cursos participantes.
- En cualquier caso, **aunque los impactos del proyecto en el Nivel III hayan sido aparentemente pequeños, hay que ponerlos en valor dado que se han conseguido tras un número relativamente limitado de sesiones en aula (típicamente, 5 sesiones).**
- **La valoración del alumnado participante de Nivel III sobre la EPCIA 20/21, ha sido globalmente positiva (notable).** Los participantes se han sentido notablemente motivados y se han divertido también notablemente con las propuestas didácticas implementadas en el aula. Igualmente, los participantes valoran en grado notable el desarrollo de su PC y la adquisición de conocimientos sobre IA a raíz de haber participado en la escuela; así como valoran también en grado notable la importancia del PC y de la IA en su futuro personal y profesional. Las valoraciones anteriores son especialmente altas cuando se refieren a la relevancia de la IA en el contexto profesional, algo esperable al tratarse de cursos superiores y ya orientados al mundo laboral. En consecuencia lógica con todo lo anterior, el 85,6% de los estudiantes participantes declaran finalmente su deseo de recibir más actividades sobre pensamiento computacional e Inteligencia Artificial en el siguiente curso 21/22. **Así pues, en conjunto podemos afirmar que la continuidad de la EPCIA queda avalada por las percepciones de los estudiantes de Nivel III.**
- **Las propuestas didácticas implementadas han contribuido a desterrar y desmitificar la mayor parte de los prejuicios asociados a la IA ('dificultad', 'tedio' y 'peligrosidad').** En otras palabras, la mayoría de los alumnos/as participantes de Nivel III manifiesta que, después de haber realizado las actividades de la EPCIA, perciben la Inteligencia Artificial como 'menos complicada', 'menos aburrida' y 'menos peligrosa' que antes. Además, la mayoría de los participantes perciben que la IA es 'más importante' para su vida tras su paso por la EPCIA.
- **Se ha detectado una brecha de género en conocimientos previos sobre estos temas.** Las chicas han 'oído hablar' significativamente menos que los chicos acerca del pensamiento computacional (diferencia del -13,7%) y de la Inteligencia Artificial (diferencia del -5,8%).
- **La valoración del profesorado participante de Nivel III sobre la EPCIA 20/21 ha sido globalmente muy positiva (sobresaliente).** En conjunto, los docentes han declarado que el alumnado ha estado altamente motivado y que se ha divertido también en un alto grado durante la realización de la propuesta didáctica con App Inventor y ML4K; percibiendo además que el alumnado ha desarrollado su PC y ha aprendido fundamentos de IA en un grado notable. Además, se ha evidenciado de manera muy destacable que los docentes consideran que tanto desarrollar el pensamiento computacional como aprender fundamentos de Inteligencia Artificial

son cuestiones altísimamente ‘relevantes’ tanto para el futuro profesional como personal de sus estudiantes. Esta afirmación queda apoyada igualmente por los análisis cualitativos acometidos, que revelan claramente la opinión mayoritaria del profesorado acerca de la enorme relevancia y utilidad de estos nuevos contenidos sobre PC e IA para la formación de las nuevas generaciones de estudiantes, dada su creciente y estrecha vinculación con cada vez más entornos sociales y profesionales. En ese sentido, el profesorado de Nivel III apuesta porque estos temas se incluyan de manera decidida en los currículos oficiales, de manera que los correspondientes contenidos puedan trabajarse de modo sistemático y continuado. Por otro lado, los docentes también destacan que los contenidos sobre PC e IA resultan especialmente motivadores para los estudiantes de estas edades, dado que permiten un tratamiento activo e interdisciplinar entre distintas áreas curriculares a través de proyectos prácticos, algo muy valorado por el alumnado.

- **Los docentes de Nivel III consideran que la formación recibida durante la fase inicial de la EPCIA 20/21 les ha resultado altísimamente útil (valoración promedio de 9,1 sobre 10) para llevar a cabo la posterior implementación de la propuesta didáctica con *App Inventor* y *ML4K*.** En consecuencia lógica de este punto y del anterior, encontramos que el 99,3% del profesorado de Nivel III contempla la posibilidad y declara su deseo, con mayor o menor grado de entusiasmo, de volver a aplicar lo aprendido en la EPCIA 20/21 en los cursos venideros. **En otras palabras, podemos afirmar que la continuidad de la EPCIA queda también avalada por las valoraciones de los docentes de este nivel.**
- **Al respecto de las propuestas didácticas, todos los docentes de Nivel III diseñaron inicialmente, e implementaron finalmente en aula, al menos las 5 sesiones exigidas por la EPCIA 20/21;** siendo el porcentaje promedio de implementación efectiva (en relación a lo diseñado) del 86%. Este alto nivel de implementación es muy destacable y valorable, dadas las dificultades y tensiones organizativas que ha sufrido el sistema educativo a lo largo de dicho curso derivadas de la pandemia. En este sentido, hay que reconocer y felicitar a los docentes participantes por el esfuerzo y el buen hacer realizados.
- **Se ha evidenciado un abanico restringido de asignaturas o áreas en las cuales los docentes de Nivel III han desarrollado su propuesta didáctica (algo que contrasta fuertemente con el amplio abanico observado en Nivel II).** Así, sólo se observan 2 asignaturas o áreas en las cuales los docentes de Nivel III declaran masivamente haber implementado su propuesta didáctica: Informática y Tecnología. Este resultado es consistente con el hecho de que son docentes especialistas en dichas asignaturas o áreas los que conforman mayoritariamente el colectivo docente participante en el Nivel III. Sin embargo, es un resultado que contrasta llamativamente con la opinión declarada por ese mismo colectivo acerca de cuál es la mejor manera de integrar el PC y la IA en el aula: aproximadamente 2 de cada 3 docentes de Nivel III consideran que la mejor forma de integrar el PC y la IA en el aula es de manera transversal a varias asignaturas, mientras que sólo el tercio restante considera que la forma óptima sería a través de una asignatura concreta. Una posible interpretación de esta disonancia es que, aunque el profesorado de Nivel III alberga un deseo difuso de integrar transversalmente el PC y la IA, sólo percibe concretamente la adecuación de un pequeño grupo de asignaturas para realizar efectivamente dicha integración. En otras palabras, el profesorado podría necesitar más formación y ejemplos concretos de cómo integrar el PC y la IA en asignaturas no tan evidentes como las mencionadas anteriormente, así como una estructura organizativa y curricular que lo posibilite y potencie.

Los ítems que constituyen la prueba BCTt se dividen en seis bloques que van creciendo en dificultad: el primer bloque está dedicado a las secuencias, el segundo a los bucles simples, el tercero a los bucles anidados, el cuarto a los condicionales si-entonces, el quinto a los condicionales si-entonces-si no, y el sexto y último a los bucles mientras.



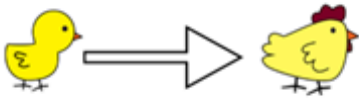
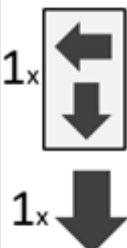
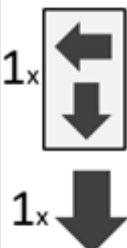
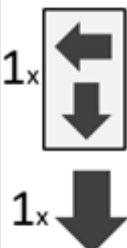
EJEMPLO PREGUNTA BLOQUE 3: BUCLE ANIDADO									
 Lleva al pollito con su mamá:	Marca la secuencia correcta:								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>  </td> <td>  </td> <td>  </td> <td>  </td> </tr> </tbody> </table>	A	B	C	D				
A	B	C	D						
									

Figura 25. Ítem de ejemplo del bloque 3 (bucle anidado) del BCTt

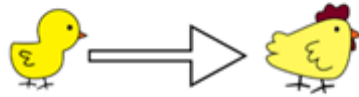
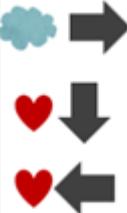
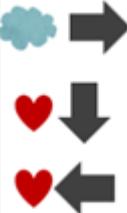
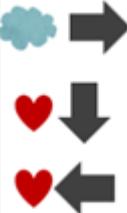
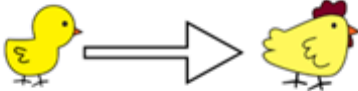
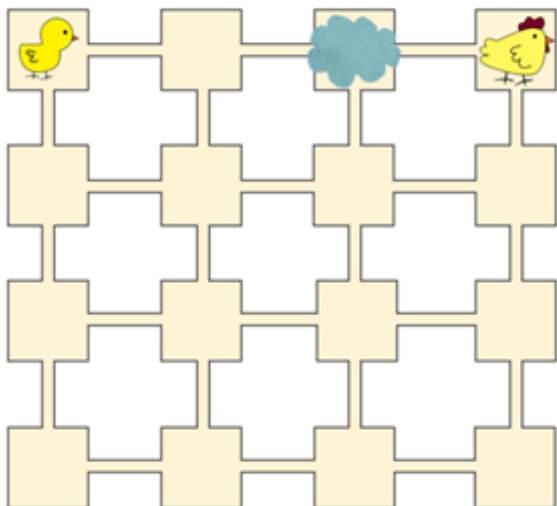
EJEMPLO PREGUNTA BLOQUE 4: IF-THEN									
 Lleva al pollito con su mamá:	Ejemplo de significado:  Si el pollito está en una casilla con nube, avanza una casilla a la derecha Marca la secuencia correcta:								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>  </td> <td>  </td> <td>  </td> <td>  </td> </tr> </tbody> </table>	A	B	C	D				
A	B	C	D						
									

Figura 26. Ítem de ejemplo del bloque 4 (si-entonces) del BCTt

EJEMPLO PREGUNTA BLOQUE 5: IF-THEN-ELSE



Lleva al pollito con su mamá:



Ejemplo de significado:





Si el pollito está en una casilla con nube, avanza una casilla a la derecha, si no hay nube, avanza una casilla a la izquierda

Marca la secuencia correcta:

A





B





C







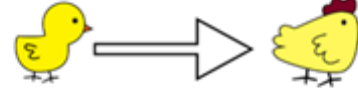
D



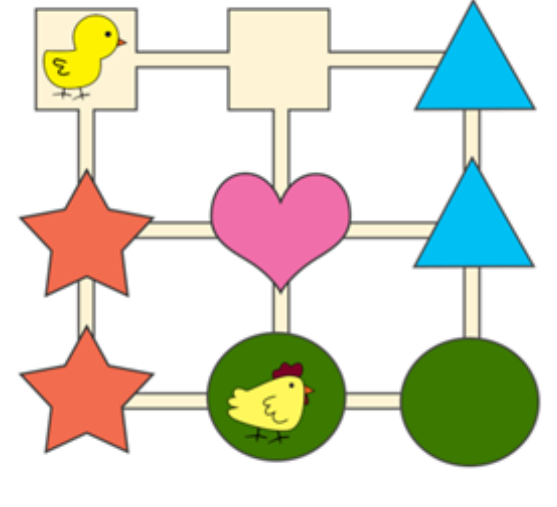


Figura 27. Ítem de ejemplo del bloque 5 (si-entonces-si no) del BTCt

EJEMPLO PREGUNTA BLOQUE 6: WHILE



Lleva al pollito con su mamá:



Ejemplo de significado:



Mientras que el pollito esté en casillas triángulo, siempre avanza a la derecha

Marca la secuencia correcta:

A







B





C





D





Figura 28. Ítem de ejemplo del bloque 6 (mientras) del BTCt

Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial 20/21

119

Propuesta didáctica

Descripción

Breve descripción de la propuesta que vamos a llevar a cabo, relacionándola con los diferentes objetivos generales del currículo. **En esta descripción debe aparecer el título de la propuesta, la referencia al nivel y materia o materias para la que va dirigida.**

Temporalización

Indicando el número de sesiones (mínimo 5) y el momento en el que se llevará a cabo en el aula. Debido a la implantación, esta temporalización estará encuadrada en el tercer trimestre, pero es importante contextualizar la propuesta dentro de los contenidos del currículo, teniendo en cuenta los conocimientos previos del alumnado.

Objetivos

Establecer los objetivos que buscamos a la hora de establecer nuestra propuesta. Estos objetivos tendrán que ver tanto con el currículum, como con la adquisición de competencias digitales.

Contenidos

Se detallarán tanto los contenidos de aprendizaje, relativos a conceptos, como procedimientos y actitudes.

Secuencia de actividades

Establecer la secuencia de aprendizaje, de forma que las actividades estén relacionadas entre sí. Explicar cómo están distribuidas en las 5 sesiones mínimo que debe durar la implantación.

Metodología

Breve descripción de la metodología a seguir durante la implantación.

Recursos materiales

Indicar los diferentes recursos específicos que son necesarios para desarrollar la propuesta didáctica paso a paso.

Atención a la diversidad

Medidas que tomaremos para atender a la diversidad de niveles dentro del aula.

Evaluación

Indicar cuáles serán los criterios e indicadores de la valoración de los aprendizajes del alumnado.

Buenas prácticas de la EPCIA 20/21

Nivel I: Pensamiento computacional e Inteligencia Artificial sin ordenador

Infantil

Próximo destino: Los Polos: Inspirada en el Polo, os presentamos esta práctica en la que se hace un recorrido por algunas de las estructuras del pensamiento computacional: secuencias y algoritmos. Para ello se utilizan tableros con ambientación polar, búsqueda de animales y ordenación de acciones de cuentos.

El Sistema Solar: Esta buena práctica nos demuestra que podemos utilizar actividades cotidianas para aprender pensamiento computacional. Con su alumnado, la docente, ha trabajado los algoritmos con actividades como lavarse los dientes, vestirse, etc. Incluidas en sus actividades está el baile y el diseño y construcción de mascotas. Y todo ello para poder viajar al espacio. ¡Toda una experiencia!

Conociendo el antiguo Egipto: En esta buena práctica se ha desarrollado la capacidad de orientación, las nociones espaciales, reforzado las formas geométricas y aprendido vocabulario sobre el Antiguo Egipto del alumnado, al tiempo que se desarrollaba el pensamiento lógico y abstracto. Un gran trabajo sobre Egipto acompañados del baile de la Momia Antonia.

Educación Primaria

Guardianes y Guardianas del planeta: Esta buena práctica trabaja el reciclaje y el medio ambiente con el alumnado. Utiliza los rincones y el trabajo en equipo para desarrollar el pensamiento computacional.

La geometría en el mundo que nos rodea: Centrada en el área de Matemáticas, trabaja de manera transversal el área de Lengua Castellana o la descripción de animales del área de Ciencias Naturales. Al mismo tiempo, nos propone trabajar las secuencias, algoritmos, etc. del pensamiento computacional.

Robotiprehistoria: os presentamos esta completa práctica que hace un recorrido por las distintas épocas de la historia al mismo tiempo que desarrolla el pensamiento computacional del alumnado. Se utilizan las pinturas rupestres y los sobres para explicar el concepto de variables. Además de unir un *Quizz* con un tablero por el que moverse para encontrar las respuestas.

Coordinamos nuestro museo: En esta propuesta se enseña al alumnado a coordinar un museo al tiempo que trabaja el pensamiento computacional. Sus objetivos: aumentar el interés por la historia, reconocer los trabajadores de un museo, identificar objetos de la Guerra Civil Española, elaborar algoritmos sencillos e interpretar algoritmos que incluyan bucles, condicionales y operadores.

¡De aventura con Robotic! El objetivo principal de esta propuesta es desarrollar el pensamiento computacional y sus dimensiones, pero de manera transversal se trabajan competencias claves como la lingüística y la digital, la comunicación y el lenguaje y la inclusión, el respeto y el trabajo cooperativo. ¡Todo ello mientras enseñamos a *Robotic*!

Máquinas, máquinas, máquinas: Las máquinas son el hilo conductor de esta propuesta. Observando el entorno e identificando las máquinas y la tecnología que utilizamos a diario, se trabaja el reciclaje, el funcionamiento de las máquinas, los procedimientos para resolver una situación dada, las secuencias de instrucciones y la presentación de la información por parte de los programas.

Nivel II: Inteligencia Artificial con *Scratch*

Educación Primaria

Aprendizaje inteligente de los municipios de la comarca: La programación en *Scratch* y el aprendizaje automático es el vehículo que utiliza esta práctica para enseñarles al alumnado de 4.º de primaria los municipios de la comarca del Maresme. Al finalizar el proyecto, la aplicación desarrollada es capaz de mostrar un municipio en el mapa cuando se le dan ciertas características.

Programar con Inteligencia Artificial: La Prehistoria: El objetivo fundamental de esta completísima buena práctica es el de desarrollar el pensamiento computacional y la IA programando con *Scratch* y *ML4K*, a través de los contenidos sobre la prehistoria del área de Ciencias Sociales. Los resultados se presentan en un congreso escolar y en la radio del colegio.

***Scratch* e Inteligencia Artificial en Lengua Castellana y Ciencias Sociales:** esta buena práctica nos acerca al aprendizaje de la lengua Castellana y de las Ciencias Sociales con esta propuesta de *Scratch* y *Machine Learning for Kids*. En él se relacionan hechos históricos, fechas y personajes con las etapas históricas trabajadas a lo largo del curso.

Cuidamos nuestro cuerpo: Los hábitos de vida saludable y no saludables son el objetivo principal de la esta propuesta. En él se desarrolla una aplicación en la que la IA nos ayude a distinguir los distintos tipos de hábitos.

Detector de alimentación saludable: Creamos asistentes de alimentación saludable con la ayuda de I.A.: La propuesta ha sido diseñada para alumnado de 5.º de primaria y pertenece a la Secuencia Didáctica: “*Mens sana in corpore sano*”, integrada dentro de un proyecto de aprendizaje transversal. Se trabajan los hábitos de vida saludable utilizando *Scratch* y *ML4K*

Surcando los lenguajes de la programación con la tripulación de 6.º primaria del San José: Bajo el título *Recorriendo España, de mayor seré...* presentamos una propuesta didáctica que tiene como principal objetivo enriquecer el proceso de aprendizaje del alumnado con el uso de *Scratch* y *ML4K*. Un proyecto muy completo en el que el alumnado han aprendido mucho sobre los oficios.

Hábitos para la prevención de la COVID-19: Esta propuesta de trabajo cooperativo enseña los buenos, malos y hábitos de alto riesgo en relación con el COVID-19 utilizando *Scratch* y *ML4K*.

Música y Literatura con Inteligencia Artificial: esta buena práctica lleva al aula una propuesta que se lleva a cabo desde las asignaturas de Música y Lengua Española. El alumnado crea un ‘Asistente de Biblioteca’ que permita la clasificación de textos y un ‘Asistente Musical’ que nos recomiende el estilo más adecuado para cada ocasión.

Bike or Bus: Esta es una propuesta que utiliza la Inteligencia Artificial para decidir si se acude al instituto en Bici (asociado al buen tiempo) o en Bus (asociado al mal tiempo). Se lleva a cabo con un grupo de 2.º de ESO, presentando los resultados obtenidos.

Juegos con ventaja si sabes Matemáticas: La idea central de la propuesta es la de profundizar en conceptos matemáticos desde un punto de vista original y motivador para el alumnado. Para ello utiliza el billar y la Inteligencia Artificial.

Nivel III: Inteligencia Artificial con *App Inventor*

Educación Secundaria Obligatoria

Desarrollando una app de detección de ciberbullying con *App Inventor* y *Machine Learning for Kids*:

En esta propuesta se presenta el diseño y desarrollo de una aplicación de identificación de *ciberbullying*. Está llevada a cabo para la asignatura de Informática

Vehículo controlado por voz: Esta buena práctica, englobada en la asignatura de TIC, utiliza la IA para comunicarse con un vehículo y dirigirlo mediante la voz. Muy interesante la unión de la Inteligencia Artificial con el diseño de prototipos de Arduino.

Aplicaciones de ChatBots con *App Inventor* usando Inteligencia Artificial: Esta buena práctica consiste en la creación *ChatBots* sobre temáticas de interés: orientación académica, repaso de asignaturas o visitas virtuales al centro. Este *ChatBot* utiliza la IA y *App Inventor* para ofrecer sus orientaciones.

Un viaje por la Inteligencia Artificial: El objetivo de esta propuesta es que, para la asignatura de Informática, el alumnado desarrolle una aplicación dotada de IA mediante el uso combinado de *App Inventor* y *ML4K*. El alumnado crea tres aplicaciones sobre distintas temáticas.

Guía Turística Valdés: Para la asignatura de TIC, se ha desarrollado esta propuesta en la que el alumnado crea, un asesor turístico que orienta a los visitantes de los pueblos de su entorno sobre los lugares a visitar, actividades a realizar, dónde comer, etc.

Reconocimiento de fósiles con IA y *App Inventor*: Esta buena práctica está englobada en la asignatura de Biología y Geología. En ella, se propone al alumnado la creación de una aplicación de reconocimiento de fósiles utilizando *App Inventor* y *ML4K*.

Clasificador Matemático: Propuesta diseñada para la asignatura de Matemáticas. Mediante esta actividad el alumnado desarrolla una App que permita clasificar los distintos tipos de números.

Bachillerato

Apps de mejora social con Inteligencia Artificial: Os presentamos esta buena práctica que tiene como objetivo conocer los fundamentos de la programación, creando aplicaciones de Android que solucionen un problema, para una mejora social. Está llevada a cabo con el alumnado de la asignatura de TIC.

Máquina clasificadora de objetos con Inteligencia Artificial: Completísima propuesta diseñada para la asignatura de Tecnología Industrial II. Crea un prototipo de máquina clasificadora que utiliza IA para la clasificación de frutos secos y de figuras geométricas. Nos detalla el montaje del prototipo con todos sus pasos.

Robot de sumo con Inteligencia Artificial: os proponemos esta buena práctica en la que utiliza la IA para controlar un robot Arduino mediante *Bluetooth*, utilizando una App con control de voz e IA integrada. Todo ello para la asignatura de Tecnologías de la Información I.

Desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles que integren soluciones de IA: El objetivo de esta práctica es integrar el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles que incluyan soluciones de IA en la programación por bloques en la asignatura de TIC II.

App que reconoce figuras geométricas: Os presentamos esta propuesta dirigida al alumnado de la asignatura Proyecto de Investigación Integrado. En ella se desarrolla una aplicación que reconozca figuras geométricas utilizando la IA.

Formación Profesional Básica

Clasificación de conductas tóxicas y sanas dentro de una relación amorosa: Completísima práctica en la que el alumnado de Ofimática y Archivo de Documentos trabaja en las conductas sanas y tóxicas dentro de las relaciones amorosas. Después de esto, crean una aplicación que ayude a sus compañeros y compañeras a detectarlas y a solicitar ayuda cuando sea necesario. El proyecto incluye una actividad de promoción mediante una entrevista en la radio del centro educativo.

Referencias

- Balanskat A., Engelhardt K., Licht A.H. (2018). Strategies to include computational thinking in school curricula in Norway and Sweden- European Schoolnet's 2018 Study Visit. European Schoolnet, Brussels.
- Bell, T., Witten, I. y Fellows, M. (2002). Computer science unplugged. Department of Computer Science, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand,.
- Bhatia, N. (2020). Using transfer learning, spectrogram audio classification, and MIT App Inventor to facilitate *machine learning* understanding (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Bocconi, S., Chiocciariello, A. y Earp, J. (2018). The Nordic approach to introducing Computational Thinking and programming in compulsory education. Report prepared for the Nordic@ BETT2018 Steering Group.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A. y Engelhardt, K. (2016). Developing computational thinking in compulsory education-Implications for policy and practice (No. JRC104188). Joint Research Centre (Seville site).
- Brackmann, C. P., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A. y Barone, D. (2017). Development of computational thinking skills through unplugged activities in primary school. In Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education (pp. 65-72).
- Brown, J. D. (2002). The Cronbach alpha reliability estimate. JALT Testing y Evaluation SIG Newsletter, 6(1).
- Camilli, G., Vargas, S., Ryan, S. y Barnett, W. S. (2010). Meta-analysis of the effects of early education interventions on cognitive and social development. Teachers college record, 112(3), 579-620.
- Cervantes, V. (2005). Interpretaciones del coeficiente alpha de Cronbach. Avances en medición, 3(1), 9-28.
- Cohen, J. (1998) Statistical power analysis for the behavioral sciences. (2a ed.). Erlbaum, Hillsdale.
- Comisión Europea (2018). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on Artificial Intelligence for Europe, Brussels, 25.4.2018 COM(2018) 237 final.
- García, J. D. R., León, J. M., González, M. R. y Robles, G. (2019, November). Developing computational thinking at school with *machine learning*: an exploration. In 2019 International Symposium on Computers in Education (SIIE) (pp. 1-6). IEEE.
- Hermans, F. y Aivaloglou, E. (2017). To *scratch* or not to *scratch*? A controlled experiment comparing plugged first and unplugged first programming lessons. In Proceedings of the 12th workshop on primary and secondary computing education (pp. 49-56).
- Ho, J. W. y Scadding, M. (2019). Classroom Activities for Teaching Artificial Intelligence to Primary School Students. CoolThink@ JC (2019), 157.
- INTEF (2019). La Escuela de Pensamiento Computacional y su Impacto en el Aprendizaje. Curso Escolar 2018 – 2019. https://intef.es/wp-content/uploads/2019/12/Impacto_EscueladePensamientoComputacional_Curso2018-2019.pdf

- Juan David Rodríguez-García, Jesús Moreno-León, Marcos Román-González, and Gregorio Robles. 2021. Evaluation of an Online Intervention to Teach Artificial Intelligence with LearningML to 10-16-Year-Old Students. In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 177–183. DOI: <https://doi.org/10.1145/3408877.3432393>
- Lindner, A., Seegerer, S. y Romeike, R. (2019). Unplugged Activities in the Context of AI. In International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives (pp. 123-135). Springer, Cham.
- Marques, L. S., Gresse von Wangenheim, C. y Hauck, J. C. (2020). Teaching *machine learning* in school: A systematic mapping of the state of the art. Informatics in Education, 19(2), 283-321.
- Moreno-León, J., Robles, G. y Román-González, M. (2015). *Dr. Scratch*: Automatic analysis of *scratch* projects to assess and foster computational thinking. RED. Revista de Educación a Distancia (46), 1-23.
- Moreno-León, J., Robles, G., Román-González, M. y Rodríguez García, J. D. (2019). Not the same: a text network analysis on computational thinking definitions to study its relationship with computer programming.
- Moreno-León, J., Román-González, M. y Robles, G. (2018). On computational thinking as a universal skill: A review of the latest research on this ability. In 2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1684-1689). IEEE.
- Moreno-León, J., Román-González, M., García-Perales, R. y Robles, G. Coding to learn Mathematics in 5th grade: Implementation of the ScratchMaths project in Spain. Revista de Educación a Distancia, Núm. 68, Vol. 21. Artíc. 4(eng), 2021
- Nishida, T., Kanemune, S., Idosaka y Namiki, M., Bell, T. y Kuno, Y. (2009). A CS unplugged design pattern. In ACM SIGCSE Bulletin (Vol. 41, No. 1, pp. 231-235). ACM.
- Oliver, N. (2018). Inteligencia artificial: ficción, realidad... y sueños. Discurso de ingreso en la Real Academia de Ingeniería (11 de diciembre de 2018).
- Ossovski, E. y Brinkmeier, M. (2019). *Machine Learning* Unplugged- Development and Evaluation of a Workshop About *Machine Learning*. In International Conference on Informatics in Schools: Situation, Evolution, and Perspectives (pp. 136-146). Springer, Cham.
- Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas. Basic Books, Inc..
- Rodríguez-García, J. D., Moreno-León, J., Román-González, M. y Robles, G. (2021, March). Evaluation of an Online Intervention to Teach Artificial Intelligence with LearningML to 10-16-Year-Old Students. In Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education (pp. 177-183).
- Román González, M. (2015). Computational Thinking Test: Design Guidelines and Content Validation. Proceedings of the 7th annual International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN 2015), 2436-2444. ISBN: 978-84-606-8243-1. (Barcelona, del 06 al 08 de julio de 2015) Disponible en: <http://library.iated.org/view/ROMANGONZALEZ2015COM>
- Sáez-López, J. M., Román-González, M. y Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using “Scratch” in five schools. Computers y Education, 97, 129-141.

- Tang, D. (2019). Empowering novices to understand and use *machine learning* with personalized image classification models, intuitive analysis tools, and MIT App Inventor (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).
- Touretzky, D., Martin, F., Seehorn, D., Breazeal, C. y Posner, T. (2019). Special session: AI for K-12 guidelines initiative. In Proceedings of the 50th ACM technical symposium on computer science education (pp. 492-493).
- Tuomi, I. (2019). The Impact of Artificial Intelligence on Learning, Teaching, and Education: Policies for the Future. JRC Science for Policy Report. European Commission.
- Van Brummelen, J., Shen, J. H. y Patton, E. W. (2019, June). The popstar, the poet, and the grinch: Relating artificial intelligence to the computational thinking framework with block-based coding. In Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education (Vol. 3, pp. 160-161).
- Van Brummelen, J., Yeo, C. y Weng, K. (2019b). Learning to program conversationally: A conversational agent to further democratize programming. LEARNING, 12, 5.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. Communications of the ACM, 49(3), 33-35.
- Zapata Cáceres, M y Fanchamps, N. (2021). Using the Beginners Computational Thinking Test to Measure Development on Computational Concepts Among Preschoolers. In CTE 2021: International Conference on Computational Thinking Education.
- Zapata-Cáceres, M., Martín-Barroso, E. y Román-González, M. (2020). Computational thinking test for beginners: Design and content validation. In 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (pp. 1905-1914). IEEE.
- Zhu, K. (2019). An educational approach to *machine learning* with mobile applications (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology).



Escuela de pensamiento computacional e Inteligencia Artificial 20/21:

Enfoques y propuestas para su aplicación en el aula. Resultados de la investigación.

La Escuela de Pensamiento Computacional e Inteligencia Artificial (EPCIA) es un proyecto del Ministerio de Educación y Formación Profesional que se desarrolla en colaboración con los responsables educativos de las comunidades y ciudades autónomas.

Esta publicación presenta la experiencia del proyecto durante el curso 20/21 a través de una investigación que recoge datos cualitativos y cuantitativos del impacto en el aprendizaje del alumnado y en las prácticas educativas de las actividades relacionadas con el pensamiento computacional y la Inteligencia Artificial: Actividades sin Ordenador, para Educación Infantil (5 años), 1.º, 2.º y 3.º de primaria; Inteligencia Artificial con *Scratch*, desde 4.º de primaria a 2.º ESO; e Inteligencia Artificial con *App Inventor* desde 3.º y 4.º ESO a Bachillerato y FP.