

Fomentando las vocaciones científicas en Secundaria a través de los laboratorios arqueológicos (LabCase): perspectivas para nuevas exigencias en la formación del profesorado

Tània MARTÍNEZ-GIL
Concha FUENTES-MORENO
Carolina MARTÍN-PIÑOL

Datos de contacto:

Tània Martínez-Gil
Universidad de Barcelona
tania.martinezgil@ub.edu

Concha Fuentes-Moreno
Universidad de Barcelona
conchafuentes@ub.edu

Carolina Martín-Piñol
Universidad de Barcelona
carolinamartin@ub.edu

Recibido: 03/01/2023
Aceptado: 26/07/2023

RESUMEN

La necesidad de adecuar la formación del profesorado a las exigencias de las aulas de educación secundaria es un reto por superar para alcanzar la excelencia. Actualmente, uno de los problemas que debe afrontar el profesorado es la dificultad de transferir conocimientos científicos adquiridos en el aula a una aplicabilidad diaria. El presente artículo muestra, en el marco de un Proyecto de la Fundación Española para la Ciencia y Tecnología (Fecyt), la creación de once Labcase a modo de laboratorios portátiles, para abordar distintas disciplinas científicas y sus métodos, a partir de la arqueología, buscando fomentar vocaciones científicas y potenciar el conocimiento científico operativo del alumnado. El artículo muestra resultados, obtenidos a través de dos instrumentos de corte cuantitativo, donde se aprecia el incremento de aplicabilidad de las disciplinas científicas, la mejora de sus competencias científicas a la vez que una mejor visión respecto las materias curriculares tratadas. Este hecho parece tener un efecto en la preferencia de vocaciones científicas por parte de la muestra analizada. Los resultados muestran un medio aplicable a la formación inicial y continua del profesorado, con las implicaciones interdisciplinarias que del proyecto se desprenden.

PALABRAS CLAVE: Procedimiento Científico; Educación Secundaria; Innovación Educativa; Arqueología Didáctica.

The development of the scientific vocations in secondary school through the archaeological laboratories (LabCase): perspectives for new requirements in teacher training

ABSTRACT

The need to adapt initial and continuing teacher training to the demands of secondary education classrooms is a challenge to overcome in order to achieve excellence. One of the problems in secondary school classrooms is the difficulty students face in transferring acquired scientific knowledge to daily applicability. The current article shows, within the framework of a project of the Spanish Foundation for Science and Technology (FECYT), the creation of eleven Labcases as portable labs, to approach different scientific disciplines and their methods based on archaeology, with the aim of encouraging scientific vocations and enhancing operational scientific knowledge. The article shows results, obtained through two quantitative instruments, which show an increase in the applicability of the scientific disciplines, the improvement in their scientific competencies, as well as an improvement in the vision of the curricular subjects dealt with. This fact seems to have an effect on the preference of scientific vocations by the sample analyzed. The experience and its results show us a means applicable to the initial and continuous training of teachers, with the interdisciplinary implications that emerge from the project.

KEYWORDS: Scientific Processes; Secondary Education; Educational Innovation; Didactic Archaeology.

Introducción

El actual marco curricular de la Educación Secundaria en Europa se asienta sobre las bases del aprendizaje por competencias (Consejo de la Unión Europea, 2018) que pretende dar respuesta a las necesidades profesionales del mundo actual (Nordin & Sundberg, 2016). Para contribuir a la consecución de dichos retos, la investigación educativa (Diego-Mantecón et al., 2021) y las propias instituciones gubernamentales recomiendan visiones interdisciplinarias que generen aprendizajes holísticos y significativos entre los estudiantes (Han et al., 2015; Maass et al., 2019). Por ello, resulta a todas luces conveniente, actuar en tres vertientes. Por una parte, resulta esencial un replanteamiento de los contenidos y de la estructura de las disciplinas, fomentando el papel activo del alumno que le permita conectar sus aprendizajes previos con los nuevos; construir nuevas estructuras mentales y, a su vez, propiciar actitudes de interés y motivación hacia el aprendizaje (Santacana et al., 2018). Por otro lado, la actualización de las metodologías didácticas en las aulas que generen espacios y ambientes de aprendizaje favorables para el desarrollo de las competencias metodológicas científicas (Duarte, 2003; Prats et al., 2019). Y, en tercer lugar, un

replanteamiento de la formación inicial y continua del profesorado que parta de las necesidades reales de los docentes en su contexto (Imbernón, 2019). Muchas son las voces que se han alzado en este sentido, comentando la necesidad de una actualización del Máster de Formación del Profesorado de Educación Secundaria, entorno a los contextos reales de aula y de la mano de mentores preparados y expertos.

Llegados a este punto, resulta conveniente incidir en el análisis de la dimensión de la competencia científica en su sentido más amplio en el currículum español de referencia. Dicha competencia parte del concepto de alfabetización científica (Acevedo-Díaz, 2004) y de la necesidad que los alumnos aprendan contenidos científicos, pero a la vez también desarrollen destrezas y habilidades científicas sociales y divulgativas que les permitan ejercer una ciudadanía más activa en un mundo cada vez más tecnificado (Acevedo-Díaz, 2004; Ernet & Casas, 2020; Díaz & García, 2011; Millar & Hunt, 2006) para formar una ciudadanía analítica, crítica, y participativa.

En este sentido, diversos han sido los estudios realizados desde las didácticas específicas con el objetivo de implementar el método científico como instrumento para la construcción del conocimiento en las aulas. (López-Cerezo, 1998; Pedrinaci-Rodríguez, 2012; Santacana et al., 2017; Torres et al., 2013). Realizando un análisis de dichos trabajos, se advierte la confluencia de diversas disciplinas escolares por lo que se refiere a la implementación del procedimiento científico como manera de involucrar al estudiando y fomentar el aprendizaje holístico y significativo donde se proceda al análisis y la interpretación. Y es justamente en la construcción del conocimiento científico indagativo donde es necesario entender que todos los datos, los conceptos y las experiencias se deberían traducir en conocimientos operativos. Uno de los problemas que se puede constatar en las aulas de Educación Secundaria es la dificultad para aplicar los conocimientos científicos adquiridos para comprender todo aquello que les rodea y, sobre todo, su aplicabilidad en la toma de decisiones en su vida diaria (Gómez-Crespo & Pozo, 2004). A pesar de este hecho, no se debe perder de vista que este aspecto es fundamental en el desarrollo de su competencia científica de cada materia (Claxton, 1994; Brickhouse et al., 2000; Cleaves, 2005; Crujeiras & Jiménez, 2015), pues de otra forma, el aprendizaje de las ciencias puede convertirse en poco operativo. Y no sólo lo deberían saber transferir a otros problemas dentro de las materias denominadas científicas, sino al conjunto de materias curriculares.

Partiendo de dichos enfoques interdisciplinares, se consideró interesante ahondar en la reflexión sobre el papel de las ciencias sociales a la hora de generar proyectos, en concreto el papel de la arqueología como puente entre las denominadas ciencias y humanidades. En esta misma línea, la arqueología en las aulas permite la introducción de procesos científicos para el desarrollo de la autonomía individual, el trabajo cooperativo y la transferencia de conocimiento (Meseguer et al., 2017; Arias & Egea, 2019). Introduciendo la arqueología como ciencia vertebradora de los proyectos, se promueve la alfabetización científico-tecnológica a partir de una enseñanza de la ciencia y la tecnología y contexto sociopolítico, económico y cultural de cada momento.

Es en esta línea que se enmarca el proyecto "La ciencia que no se aprende en la red", propuesta basada en que el conocimiento científico adquirido en las materias de física,

química o matemáticas fueran vertebrados en torno a la arqueología. Ésta ha ido incorporando en sus investigaciones avances en los campos de la geología, la antropología física, la química o la informática, entre otros, confiriéndole un carácter de transversalidad con amplias posibilidades en el campo educativo, especialmente en lo referido a las prácticas científicas concretas. Es decir, al tratarse de una disciplina científica que siempre ha cabalgado entre las ciencias (zoología, matemática, paleontología, etc.) y las humanidades (historia del arte, lenguas clásicas, etc.) ha aunado en su metodología una gran cantidad de procedimientos de análisis. A ello cabe sumar la atractividad que despierta el mundo de la arqueología entre los adolescentes, por su carácter enigmático, confiriéndole cierta popularidad que puede ser aprovechada por los docentes como factor motivacional.

En este punto, resulta esencial subrayar el papel fundamental que juega el profesorado, ya que no sólo debe implementar los recursos o materiales, sino que debe ser capaz de analizarlos de forma eficiente para generar ambientes de aprendizaje adecuados que permitan al alumnado desarrollar sus competencias. Por ello, y para garantizar la correcta implementación de los laboratorios y los distintos métodos indagativos en aula, se crearon materiales visuales con propuestas y directrices para el profesorado, dotándolo de guías prácticas para lograr fomentar las vocaciones científicas entre el alumnado. Ante este contexto es esencial adquirir una formación actualizada tanto en la aplicación de proyectos interdisciplinares como en metodologías activas de enseñanza, tal y como aboga la nueva ley educativa LOMLOE, en la que el trabajo entre materias es uno de los pilares bases.

Por todo lo expuesto el proyecto se diseñó partiendo de cinco premisas que estaban estrechamente relacionadas con las implicaciones del profesorado en el proyecto. En primer lugar, los materiales didácticos diseñados trataron de enseñar conocimientos científicos particulares dentro de un contexto concreto, el patrimonio arqueológico, ya que tal y como indican Sanmartí, Buergoa y Nuño (2011, p.62) “la metacognición aumenta la transferencia de conocimientos, como también lo hace el hecho de trabajar a partir de ejemplos concretos, a fin de construir después modelos abstractos y analizar los problemas desde ángulos y situaciones diferentes”. La segunda premisa fue la de conectar la experiencia humana, así como su pensamiento mediante modelos científicos. De hecho, según Caamaño (2011, p.21), “la ciencia es siempre una actividad encaminada a producir modelos que ayuden a explicar aquellos fenómenos que queremos comprender; por ello, aprender significa saber elaborar modelos mentales”. La tercera premisa es introducir al alumnado en trabajos de experimentación de forma continuada. Esto significa “introducirllos en la identificación de problemas, formulación de hipótesis, identificación de variables, saber planificar, recoger y procesar los datos, conocer formas de analizar y obtener conclusiones además de saberlo explicar” (Ferrés et al., 2015, pp.22-37). La cuarta premisa es la del trabajo en equipo. El aprendizaje mejora exponencialmente cuando un alumno interactúa con otro para explicar lo que ha aprendido y al mismo tiempo desarrolla habilidades comunicativas, organiza y ordena sus propias ideas y es capaz de percibir sus errores y también lo que falta en sus razonamientos (Guerra-Santana et al., 2019). Para trabajar en equipo es importante hacerlo en grupos reducidos, alternando el trabajo individualizado con el

colectivo, aunque siempre tiene que haber una fase de intercomunicación en el que lo que uno dice lo comparta con los demás (Pujolàs-Masset, 2008; Johnson et al., 1999). Finalmente, la última de las premisas del proyecto tiene que ver estrictamente con el trabajo realizado con el alumnado adolescente, a quien se dirige la propuesta. Un alumnado complejo, al que debemos potenciar su curiosidad mediante temas seductores para ellos, con la finalidad de despertar su pensamiento crítico (Tamayo et al., 2015) ante los procesos del conocimiento científico y, naturalmente, guiarlos en la toma de decisiones razonadas.

En resumen, la interrelación de la ciencia arqueológica con otras disciplinas científico-técnicas es estrecha y variada pero, en su mayor parte, no se sitúan tanto en el campo de la excavación arqueológica, que es una aplicación de métodos extractivos, como en el del laboratorio; momento en el que se evidencian y concretan los métodos científicos particulares que cada una de las disciplinas requiere. Por todo lo planteado, el objetivo principal de la investigación consistió en el diseño, creación e implementación de once laboratorios didácticos en Educación Secundaria para el estudio y conocimiento de las ciencias mediante la arqueología, y de él se desprenden los siguientes objetivos específicos, objeto de este artículo:

OE1: evaluar la capacidad del proyecto en el fomento de las vocaciones científicas entre el alumnado de Educación Secundaria.

OE2: evaluar la efectividad de los laboratorios arqueológicos en la mejora de la comprensión del alumnado sobre los aspectos fundamentales del proceso científico.

OE3: medir la atractividad de experimentar de forma grupal los métodos y técnicas de cada una de las disciplinas científicas aplicados en los laboratorios simulados de una excavación arqueológica mediante metodologías de aprendizaje interactivas y participativas.

Metodología

Diseño de la investigación

El proyecto de investigación *La Ciencia que no se aprende en la Red* reunió a una veintena de investigadores y técnicos de distintas facultades universitarias, así como a profesionales del sector industrial con la finalidad de crear un modelo educativo transversal e interdisciplinar versado en la arqueología para el fomento de las vocaciones y la cultura científica entre los adolescentes, así como dotar al futuro docente de guías prácticas y formaciones para la aplicación del modelo propuesto. Para ello se conformó un equipo de trabajo subdividido en tres subespecialidades que garantizaban el desarrollo de la propuesta: un equipo histórico-arqueológico, un equipo educativo y un equipo técnico-científico (Santacana et al., 2017).

El diseño de la investigación se estructuró en cinco fases que comprendían un total de catorce acciones (ver tabla 1). La primera fase, diagnóstica, ayudó a delimitar el problema y redefinir las líneas de investigación gracias a la participación de expertos en las áreas de referencia del proyecto. En una segunda fase se procedió a la conceptualización de los tres productos educativos del proyecto: el centro virtual de

aprendizaje, el modelo educativo presencial y el modelo educativo digital. La ideación de las distintas acciones educativas respondía a la hipótesis inicial fundamentada en el hecho de que hoy no todo puede aprenderse en la Red y, por ello, es preciso el diseño de proyectos mixtos que naveguen entre la virtualidad y la realidad. En la tercera fase, con múltiples tareas, se consolidaron las fases anteriores ejecutando las LabCase, la aplicación móvil de realidad virtual y la página web o centro virtual de aprendizaje. Es en la fase de implementación, la cuarta, donde se inicia el trabajo entre el profesorado mediante distintas formaciones sobre el uso de las once LabCase arqueológicas para, posteriormente, ser implementadas entre el alumnado de Educación Secundaria. Finalmente, en la quinta fase, la de evaluación, se crearon, aplicaron y analizaron los instrumentos principales de la investigación.

Este artículo se centra en esta última fase, la evaluativa, dado que la investigación es mucho más amplia, presentando los resultados de la intervención didáctica mediante el modelo educativo presencial (en adelante MEP) con el alumnado de Educación Secundaria obligatoria. Para ello se diseñaron dos instrumentos evaluativos de corte cuantitativo, un pretest y un postest, que nos permitieron abordar los objetivos del proyecto. Mediante la metodología comparada pretest-postest (Cohen et al., 2007; Bisquerra, 2014) se analiza la afinidad del estudiantado respecto a las distintas disciplinas científicas vinculadas a la arqueología y los conocimientos del método antes y después de la implementación educativa de los LabCase arqueológicos.

Tabla 1

Investigación La Ciencia que no se aprende en la Red

Fases de investigación	Acciones
Fase 1: diagnóstica	1. Revisión sistemática de la literatura. 2. Análisis de programas educativos en arqueología
Fase 2: conceptualización	3. Diseño del centro virtual de aprendizaje 4. Diseño del MEP 5. Diseño MED
Fase 3: ejecución	6. Creación de las EduLabCase 7. Creación de la APP en RV 8. Creación de la web interactiva
Fase 4. Implementación	9. Formación de educadores y docentes 10. Implementación del proyecto entre el alumnado
Fase 5: evaluación	11. Pretest 12. Postest 13. Análisis de resultados 14. Difusión y publicación

Definición de la muestra y contexto de aplicación

Los instrumentos de evaluación, correspondientes a las acciones 11 y 12 del diseño general, fueron aplicados a un total de ($n=432$) alumnos de Educación Secundaria Obligatoria de la provincia de Lleida, correspondientes a siete centros educativos, tanto de titularidad pública como privada (Colegio Sta Anna, IES Torrevicens, IES Castell dels Templers, IES Almenar, IES Joan Solà Torrefarera, IES Lladonosa, Colegio Màrius Torres). Dentro de la muestra destaca un porcentaje más elevado de alumnos de primer ciclo, con un total de ($n=264$), frente a ($n=168$) de segundo ciclo de E.S.O. El método de selección de la muestra fue un muestreo probabilístico por conveniencia (Babbie, 2000); dado que la totalidad de los centros participantes en la investigación compartían el hecho de visitar anualmente el Museo de Lleida, sede de la experimentación, y participar de los distintos programas educativos que desde la institución se ofertan a esta etapa educativa, con lo que el contacto entre el gabinete educativo del museo y los equipos docentes es regular.

La selección geográfica de los centros educativos vino determinado por el hecho que cada uno de los laboratorios portátiles diseñados para el proyecto, fue creado a partir de un yacimiento arqueológico de la provincia de Lleida, siendo el Museo de Lleida el depositario de parte de los restos arqueológicos hallados en las distintas excavaciones arqueológicas; hecho por el que fue seleccionado como partner del proyecto. De este modo, el museo se convertía en el nexo del proyecto siendo un espacio habitual para el alumnado, y que mediante la experimentación del material didáctico diseñado podía conocer los distintos métodos científicos empleados por la arqueología en contextos próximos a su realidad diaria, así como observar las colecciones originales sobre las que realizarían las experimentaciones cooperativas mediante los materiales didácticos del proyecto. Partiendo de este contexto, se establecen conexiones muy significativas con el profesorado de los centros. Se les proponen formaciones iniciales y de seguimiento, así como recomendaciones de aplicación en las aulas.

Materiales

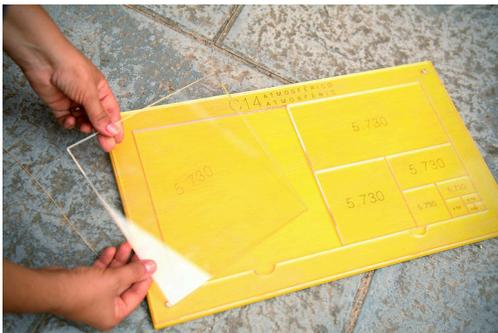
Como se ha hecho referencia en la introducción del texto, y con la misión de alcanzar los objetivos del proyecto, se procedió al diseño de once LabCase, también denominadas maletas didácticas a modo de laboratorios de experimentación, en las que poder implicar al alumnado en la resolución de problemas reales en contextos arqueológicos aplicando métodos científicos (Santacana et al., 2017). Esta tipología de materiales didácticos, por su característica móvil, nos permite desplazar los laboratorios a cualquier espacio (aula, museo, espacio público), además de ser altamente interactivos permitiendo así la manipulación de materiales y el trabajo en equipo (Martín-Piñol & Calderón-Garrido, 2021).

Cada uno de los materiales fue desarrollado ampliamente, como podemos ver en Martínez y Martín (2019) así como en el centro virtual de aprendizaje que se creó como canal de transferencia del conocimiento a la sociedad del propio proyecto de

innovación educativa¹. A modo de ejemplo, y para entender las relaciones entre la arqueología y las distintas ciencias auxiliares, se presentan algunos de los binomios educativos diseñados. El LabCase *semillas y carbones* nos permite aplicar conocimientos científicos del campo de la paleobotánica, *Huesos y dientes* precisa de las investigaciones de la zoología para poder ser resuelto, *Geomorfología y territorio* aplica métodos propios de la geología y la geografía física. *Cerámica y volúmenes* precisa de las matemáticas y la química para su desarrollo, *Huesos humanos* proporciona las pautas para la lectura de restos óseos partiendo de los tratados actuales en antropología física e *Isótopos y carbono-14* muestra nociones de física atómica, como puede verse a continuación en las figuras 1 y 2.

Figuras 1 y 2

Detalles del material que contiene la Maleta Isótopos y carbono 14. Los elementos buscan que los estudiantes comprendan el concepto de semiperiodo radioactivo y a su vez, trabajar la estructura de un isótopo de C-14 para explicar la prueba del carbono 14 para datar restos y calcular cuantos años tienen.

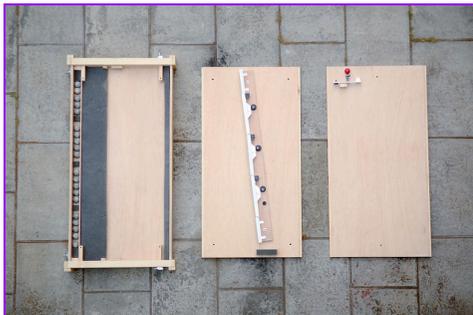


De los más complejos, por su transversalidad y tiempo de implementación, son Estratos y sedimentos que propone al alumnado no sólo introducirse en el mundo de la estratigrafía arqueológica sino también la aplicación del método hipotético deductivo, la formulación matemática y la geometría; de igual modo, el LabCase Metales (que consta de dos laboratorios distintos) introduce al alumnado a las técnicas de fundición y aleación de metales partiendo de un artefacto que simula el funcionamiento del espectrómetro de masas por el otro (véase el material en figuras 3 y 4).

¹ Véase los distintos LabCase en <https://tallerdeprojectes.wixsite.com/metodocientifico/los-kits>

Figura 3 y 4

Vista del conjunto y detalle del Labcase Espectrómetro de masas. El artefacto del que consta este laboratorio es una rampa de aceleración con un conjunto de esferas de igual tamaño que representan protones, de igual volumen, pero distinta masa. Con este planteamiento podemos resolver cuestiones tales cómo conocer los metales fundidos que hay en una aleación.



Como puede verse, la lista de disciplinas científicas susceptibles de ser utilizadas por la arqueología es inagotable, ya que los arqueólogos precisan de la utilización de métodos científicos múltiples.

Instrumentos y procedimientos de investigación

Los instrumentos de recogida de datos, de corte cuantitativo, fueron dos cuestionarios aplicados antes y después de la implementación de los Labcase arqueológicos. Ambos cuestionarios, pre y post-test, estaban conformados por preguntas estructuradas a partir de tres categorías de análisis en el que poder comparar los cambios de percepción y conocimiento vinculados con los objetivos específicos tras la experimentación con el material didáctico diseñado y, añadiendo en el pre-test, cuestiones de carácter más exploratorias en relación con los participantes. Así pues, se conformaron tantas preguntas como subcategoría de análisis creadas (ver tabla 2): preferencias en relación con las nueve disciplinas científicas vinculadas al proyecto (Ca), conocimiento y aplicabilidad de los distintos pasos en la ejecución del método (Cb), preferencias metodológicas de aprendizaje dentro y fuera del aula (Cc), atractividad e implementación de los once Labcase arqueológicos. Los distintos ítems pueden verse formulados en el análisis de resultados y sus respectivas tablas (ver detalle en anexo).

Tabla 2

Categorización de los instrumentos de evaluación adaptados al proyecto

Sistema de categorías	
CATEGORIA (a). DISCIPLINAS CIENTÍFICAS	Sc1. Matemáticas
	Sc2. Paleontología/zoología
	Sc3. Química
	Sc4. Física
	Sc5. Ciencias de la naturaleza
	Sc6. Antropología física
	Sc7. Historia
	Sc8. Arqueología
	Sc9. Geografía
CATEGORÍA (b). MÉTODO CIENTÍFICO	Sc1. Análisis de fuentes
	Sc2. Clasificación de fuentes
	Sc3. Formulación de hipótesis
	Sc4. Aplicación del juicio crítico
	Sc5. Causalidad
CATEGORÍA (c). METODOLOGÍAS DE APRENDIZAJE	Sc1. Aula expositiva
	Sc2. Aula interactiva
	Sc3. Aula m-learning
	Sc4. Itinerario en museo
	Sc5. Taller en museo
	Sc6. M-learning en espacio patrimonial

Ambos instrumentos fueron previamente sometidas a un proceso interjueces entre los distintos investigadores de los equipos que conformaron el proyecto (educativo, histórico-arqueológico y técnico-científico), para validar su fiabilidad a un formato específico de rasgos metodológicos que permitiera presentar los resultados respecto a una ordenación “smile test”, dentro de una escala Likert de seis categorías (Abad et al., 2006, 2011). La formulación de los distintos ítems del cuestionario tuvo en cuenta la adaptación del lenguaje para la muestra seleccionada.

Para la aplicación de ambos cuestionarios se utilizó el sistema SIPP (sistema interactivo de participación de públicos), o clikers. Los clikers son una técnica de aplicación de acciones que facilita la eficiencia de la administración de las pruebas y permiten utilizarse en ambientes educativos y museológicos (Bojinova & Oigara, 2011). Funcionan con un sistema de recepción a través de mandos de respuesta individuales que conectan mediante ondas de radio con un pc que recoge las respuestas. El sistema se lanza en una gran pantalla mediante una herramienta similar a power point conectado a un software especializado. Para llevar a cabo el análisis de resultados en ambos cuestionarios, pre-test y post-test, se aplicó la estadística descriptiva mediante programario informático especializado.

Resultados

El conjunto de resultados obtenidos a partir de los instrumentos de evaluación nos proporcionaron interesantes datos, que debido a su distinta naturaleza, fueron subdivididos en su análisis en tres tipologías de resultados: los resultados exploratorios, que nos permitían caracterizar y explorar la muestra en cuestiones previas a su participación; los resultados comparativos, aquellos que permitían cruzar los datos en el pre y post-test y valorar así el impacto de la implementación del material didáctico diseñado; y, finalmente, los resultados de atractividad- atrapabilidad que generaron dichos materiales en el estudiantado. La suma de todos ellos, mediante el sistema de categorización, permitió alcanzar los tres objetivos de la investigación.

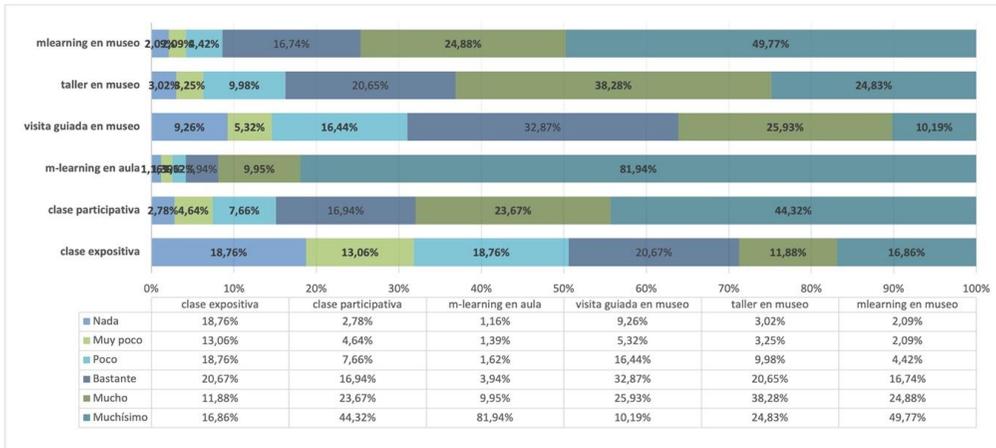
Análisis de los resultados exploratorios

Los resultados exploratorios nos permiten obtener una visión panorámica antes de adentrarnos en un estudio más profundo. En palabras de Babbie (2000) “sirven para explorar un tema o para tener una familiaridad inicial a alguna cuestión” (p.72). Es por ello, que en el cuestionario previo a la intervención se plantearon algunas cuestiones necesarias para poder valorar, en adelante, los resultados referidos a los cambios de percepción surgidos por la experimentación con los distintos laboratorios didácticos. Concretamente, nos interesaba conocer, a nivel general, cuáles eran las metodologías de aprendizaje preferentes, tanto en el ámbito formal como no formal, así como las futuras líneas disciplinares a cursar una vez finalizada la etapa secundaria obligatoria.

La primera de las cuestiones, referida al aspecto metodológico, y observando los resultados a partir de los indicadores de la categoría C -metodologías de aprendizaje-, correspondiente al sistema de categorización general, nos permite ver en la figura 5 cómo las metodologías vinculadas al m-learning (presentaciones on line; actividades móviles de tipo patrimonial...) son, sin duda, las preferentes con un 91,89% en aula y un 74,65% en espacios patrimoniales en sus dos máximas puntuaciones dentro de la escala Likert. Sorprende cómo el alumnado valora más positivamente el uso de dispositivos móviles en aula que en entornos no escolares, donde probablemente la oferta metodológica es mayor y el contexto es cambiante. También entre las metodologías preferentes, con 67,99%, se encuentran las clases participativas y los talleres en museos, con un 63,11%. Muy alejados quedan de sus preferencias las clases expositivas (28,74%) y las visitas guiadas a museos (36,12%), siendo las estrategias donde el alumnado tiene una mayor pasividad.

Figura 5

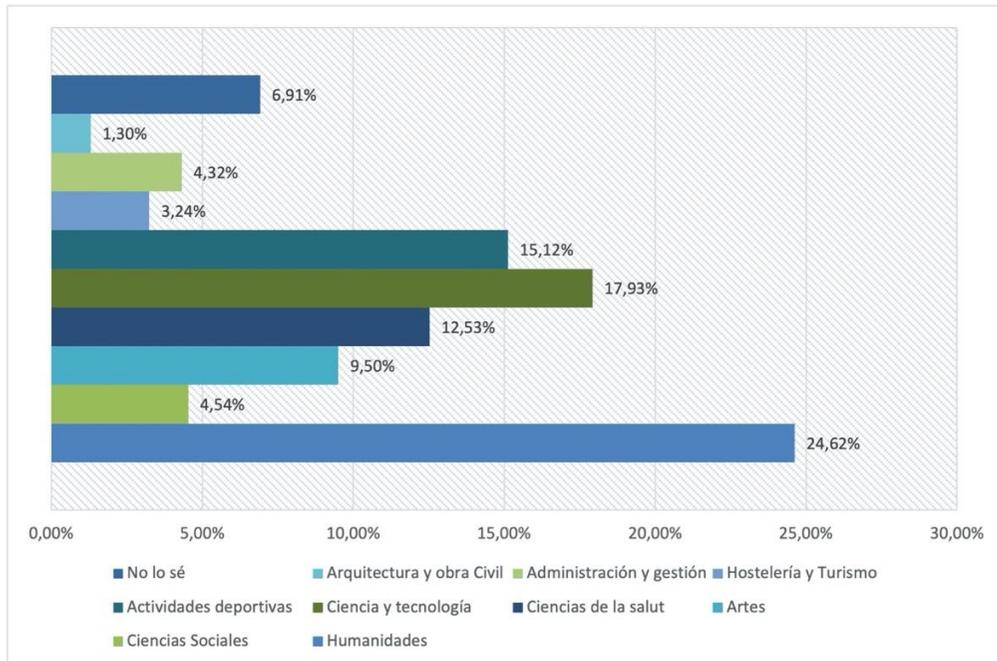
Sobre metodologías de aprendizaje preferentes



Para alcanzar el objetivo específico primero (OE1), Evaluar la capacidad del proyecto en el fomento de las vocaciones científicas entre el alumnado de Educación Secundaria, era preciso conocer cuáles eran las líneas disciplinares preferentes a cursar en los futuros estudios no obligatorios, bachillerato y ciclos formativos. En base a ello, los resultados que muestran la figura 6 arrojan una preferencia hacia las humanidades, con un 24,62%, seguida de ciencia y tecnología con un 17,93%, deportes con un 15,12% y ciencias de la salud con un 12,53%. Muy alejado de sus líneas formativas de futuro está la formación técnica, arquitectura y obra civil, con 1,30%, hotelería y turismo con un 3,24% o administración y gestión con un 4,32%. Valorando los resultados de forma global, llama la atención como las ciencias sociales se sitúan entre las disciplinas menos seleccionadas, a diferencia de humanidades (24,62%) y artes (9,50%) que sí gozan de más interés. En este sentido hubiese sido interesante concretar qué entendemos por cada una de ellas para valorar los resultados con mayor exactitud y fiabilidad. Cerca de un siete por ciento manifestaron estar indecisos en su elección. De cualquier forma, resulta imprescindible realizar futuros análisis en esta línea para establecer relación entre la actividad realizada y la disciplina científica asociada y las preferencias.

Figura 6

Línea del Bachillerato preferente



Análisis de los resultados comparativos, pretest-postest

Tras las preguntas exploratorias descritas, se plantearon distintas cuestiones clave diseñadas para dar respuesta a los objetivos del proyecto ¿cuál es su percepción sobre cada una de las disciplinas científicas vinculadas al proyecto? y, ¿qué conocimiento tienen del proceso científico?, elementos comparativos a analizar que nos permitían conocer si se producían cambios tras la experimentación con los LabCase arqueológicos. Estas cuestiones se plantearon al inicio y al final, codificando las respuestas y comparando, como se puede ver en la figura 7, los cambios de percepción respecto a dos de las categorías de análisis (A y B).

En primer lugar, atendiendo a la categoría A, disciplinas científicas y, vinculado al OE1 Evaluar la capacidad del proyecto en el fomento de las vocaciones científicas entre el alumnado de Educación Secundaria, les preguntamos su interés por cada una de las subcategorías antes y después de la implementación. Los cambios más significativos, al alza, se sitúan en la sc1, matemáticas, con un incremento del 12%, pasando de un 21,58% en los dos rangos superiores de la escala de valoración a un 33,18%. Seguida de la sc2, paleontología/zoología con 5 puntos al alza, pasando de un 39,68% a un 44,65%. Se mantienen sin cambios destacables disciplinas como la historia (sc7), las ciencias de la naturaleza (sc5) y la física (sc4). En cuanto a las subcategorías donde vemos disminuir su preferencia por parte del alumnado tras la implementación del material

se encuentra la química (sc1), pasando de un 27,08% a un 25,82%, y la arqueología (sc8), con un 48,73% en el pretest y un 44,65% en el postest. Pese a ser la arqueología la disciplina con mayor disminución, aun siendo poco significativa, es sin duda la mejor valorada por los estudiantes de secundaria. En resumen, y a la luz de los resultados, podemos concluir que las matemáticas son sin duda la disciplina que mayor impacto ha generado entre los estudiantes en su aplicabilidad en distintos laboratorios didácticos y, la arqueología, la preferente antes y después de la experimentación.

Figura 7

Gráfico comparativo de respuestas sobre las disciplinas científicas del proyecto



En base a la cuestión ¿qué conocimiento tienen del proceso científico?, diseñada en 5 preguntas para alcanzar el OE2, Evaluar la efectividad de los laboratorios arqueológicos en la mejora de la comprensión del alumnado sobre los aspectos fundamentales del proceso científico, y partiendo de la categoría de análisis B y su sistema de subcategorías, pudimos recoger los conocimientos previos que tenían sobre aspectos fundamentales del proceso científico y si al finalizar las actividades diseñadas, su nivel de confianza había mejorado (ver figuras 8 y 9). A través del análisis global de esta categoría, podemos afirmar que tras la implementación mejora su conocimiento del proceso en todas y cada una de las cuestiones planteadas: mejora en el análisis de fuentes de información (figura 8), mejora en la clasificación de fuentes (figura 9), mejora en la generación de hipótesis (figura 10), veracidad y contraste crítico de

fuentes (figura 11) y, finalmente, causas y consecuencias del conocimiento (figura 12). En base a los resultados apreciamos ya en el pretest que los grupos demuestran tener una base de conocimiento procedimentales dado que todas las respuestas correctas están entre el 55,68% -clasificación- y el 95,82% -análisis-, lo que denota que ya ha habido un trabajo previo en la escuela y que los procesos por los que se les preguntaba no eran ajenos a su formación. Este hecho es muy relevante dado que su contacto y experimentación con el material, en cuanto a la aplicación de procesos científicos no era algo aislado.

Figuras 8 y 9

Gráficos comparativos de respuestas sobre análisis y clasificación de fuentes

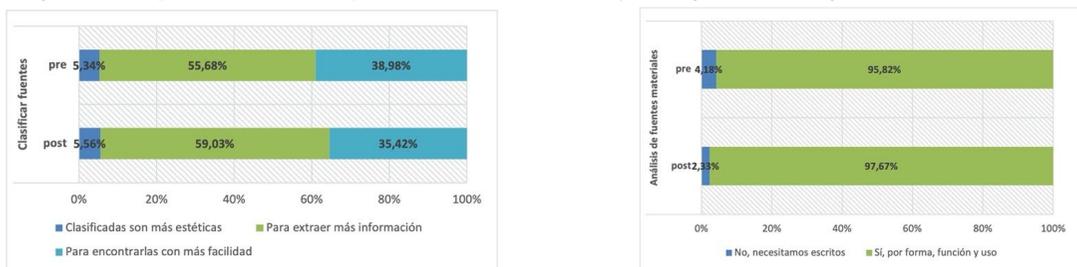


Figura 10

Gráfico comparativo de respuestas sobre generación de hipótesis

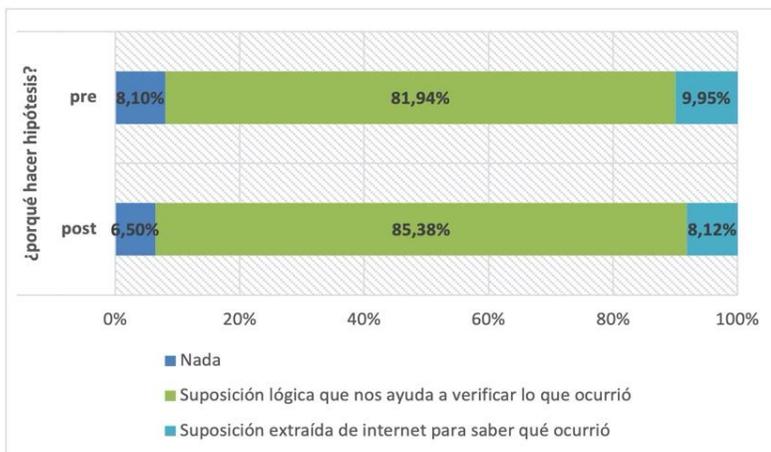
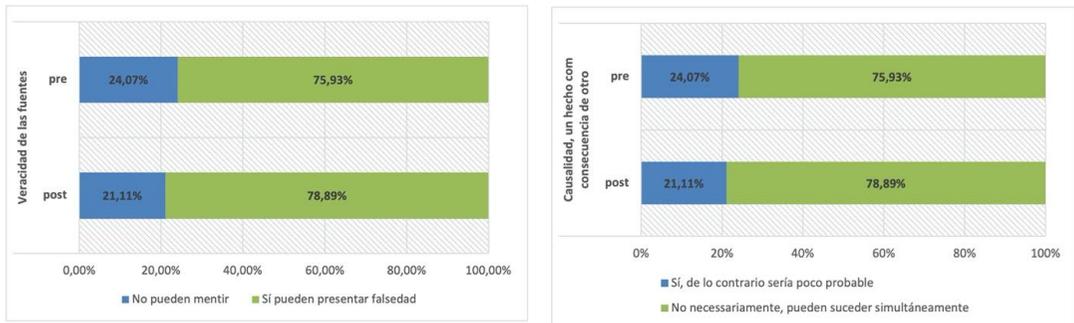


Figura 11 y 12

Gráficos comparativos de respuestas sobre aplicación del juicio crítico y causalidad



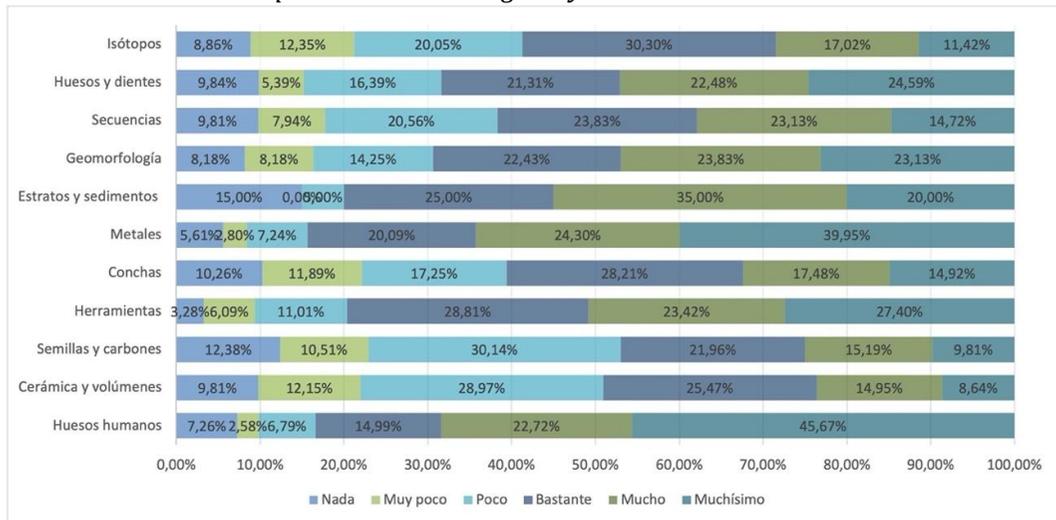
Análisis de resultados de atractividad/atrapabilidad

En nuestra investigación empleamos los conceptos de atractividad y atrapabilidad como causa y efecto (Asenjo et al., 2011). La atrapabilidad atribuida a una actividad educativa es medible cuando aquellos que la realizan tienen la sensación subjetiva de que el tiempo transcurrido ha sido menor que el tiempo cronometrado, entre otras muchas mediciones. En muchas ocasiones podemos encontrar relacionados los conceptos de atractividad con los de satisfacción, pese a que la afectación en el alumnado es mayor. Siguiendo estos principios, se preguntó, a los y las alumnas, después de experimentar con los laboratorios didácticos, qué de todo lo que habían realizado les había atrapado más (ver figura 13). En este sentido se asoció cada laboratorio al procedimiento experimentado y no directamente al material, lo que nos permitía enlazar las respuestas con los métodos de cada una de las disciplinas científicas vinculadas al proyecto (OE3).

Así, los procedimientos vinculados al análisis de restos arqueológicos, en este caso humanos, para conocer la edad y el sexo de los restos fueron valorados en sus dos máximas puntuaciones dentro de la escala Likert con el 68,39% y, muy de cerca, con un 64,25%, el proceso de fundición de los metales y, la aplicación de cálculos matemáticos para la verificación de hipótesis arqueológicas, con un 55%. Así pues, los laboratorios vinculados a la antropología física -Huesos-, la química -Metales- y la matemática -Estratos y sedimentos- fueron los que más atractividad generaron entre el alumnado. En el extremo contrario sitúan los procesos de conocimiento de la antigüedad de los restos orgánicos -Isótopos-, con un 28,44%, la identificación y clasificación arqueobotánica -Semillas y carbones- y el cálculo de capacidad de las recipientes prehistóricas -Cerámica y volúmenes-, con un 25% y 23,59% respectivamente.

Figura 13

Atractividad hacia los procesos metodológicos y los Laboratorios didácticos



Discusión

Teniendo en cuenta las necesidades y las exigencias de la sociedad cambiante en la que vivimos resulta, a todas luces, fundamental propiciar vocaciones científicas críticas y comprometidas con la sociedad entre el estudiantado de Educación Secundaria (Imbernón, 2019). Las instituciones educativas son cada vez más conscientes de dicha realidad avalada por la investigación en el campo de la psicología cognitiva, la pedagogía y la didáctica (Claxton, 1994). De esta forma, los saberes curriculares y los estándares de aprendizaje cada vez más propician acercamientos multidisciplinares al conocimiento (Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre,) y a la necesidad de formar en la aplicación del método científico, en su sentido más amplio, a los futuros ciudadanos (Brickhouse et al., 2000; Cleaves, 2005).

En este contexto de investigación surgen propuestas que ponen el acento en la construcción de la capacidad crítica partiendo del aprendizaje científico holístico que supere el binomio ciencias-humanidades, para centrarse en la construcción de habilidades y competencias propias del planteamiento de preguntas iniciales e hipótesis; el trabajo de campo basado en la observación, experimentación y análisis; y en la redacción de conclusiones (Santacana & Martínez, 2018). El trabajo presentado *La Ciencia que no se aprende en la Red* es un ejemplo de esta línea de aprendizaje científico social, partiendo de la arqueología (y de réplicas reales de objetos arqueológicos que contiene el Museo de Lérida) como eje vertebrador de materiales didácticos, que generan ambientes de aprendizaje motivadores para propiciar el desarrollo competencial científico del alumnado dentro y fuera de las aulas (Santacana et al., 2017). Este planteamiento, como anteriormente se apuntaba, es necesario también en su aplicación en contextos de formación inicial del profesorado, ejemplo de

ello podría ser la experiencia desarrollada en el Master en Formación del Profesorado de Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas de la Universidad de Barcelona, con el objetivo de incentivar y formar un profesorado en contacto con la realidad educativa y asegura con este tipo de propuestas una incidencia educativa y social en sus futuros estudiantes. Solo desde la formación podemos lograr superar los retos que la sociedad actual nos demanda y familiarizar, desde la experiencia, al profesorado en la creación y puesta en funcionamiento de propuestas didácticas interdisciplinares y en base a conocimientos científicos operativos en el mundo que los rodea.

Si tenemos en cuenta los objetivos que persigue evaluar la fase 5 de la investigación presentada, concretamente evaluar la capacidad del proyecto en el fomento de las vocaciones científicas entre el alumnado de Educación Secundaria (OE1), Evaluar la efectividad de los laboratorios arqueológicos en la mejora de la comprensión del alumnado sobre los aspectos fundamentales del proceso científico (OE2) y medir la atractividad de experimentar de forma grupal los métodos y técnicas de cada una de las disciplinas científicas aplicados en los laboratorios simulados de una excavación arqueológica mediante metodologías de aprendizaje interactivas y participativas. (OE3), se advierte el cambio de tendencia evidente en los estudiantes después de la implementación de los laboratorios educativos, tal y como ya se había observado en otras investigaciones precedentes (Diego-Mantecón et al., 2019). En los resultados exploratorios, ampliamente descritos en el apartado anterior, se aprecia cómo los estudiantes analizados tienden a preferir metodologías relacionadas con el e-learning y con la participación activa del alumnado, especialmente en espacios patrimoniales,

Por lo que se refiere a los resultados pre-post test, centrados en el cumplimiento de los objetivos específicos de esta fase, resulta evidente el incremento de interés, motivación y aplicabilidad que las disciplinas científicas, especialmente hacia las matemáticas, presentan en el alumnado objeto de estudio, una vez experimentada su aplicación en la investigación arqueológica.

En esta misma línea, se confirma que, al finalizar las actividades contempladas en los laboratorios didácticos, los estudiantes mejoran sus competencias científicas: planteamiento de hipótesis; observación y análisis; veracidad y contraste crítico de fuentes; todo y que cabe añadir que los grupos participantes en la evaluación demostraron tener un conocimiento previo correcto del método en el test inicial, por lo que no se percibieron cambios significativos en esta categoría de análisis tras la experimentación del material didáctico diseñado.

En esta misma línea, tal y como se ha podido advertir en el análisis de resultados, los estudiantes expuestos a estos materiales y a ambientes de aprendizaje participativos y críticos, mejoran claramente sus conocimientos por lo que se refiere a las disciplinas de referencia, especialmente las matemáticas y la arqueología, así como dominio de elementos propios del procedimiento científico en sí mismo, ofreciendo al profesorado herramientas adecuadas para este fin. Este hecho parece tener un cierto efecto en la preferencia de las vocaciones científicas por parte de los estudiantes analizados como se ha visto en los resultados exploratorios. En cualquier caso, los resultados esbozados en este estudio deben ser claramente ampliados en ulteriores

análisis y en muestras más representativas, intentando discernir y profundizar entre los motivos por los cuales se advierte la relación entre la introducción de dichos materiales y el desarrollo de vocaciones científicas futuras.

A la luz de los resultados, podemos concluir que las matemáticas son sin duda la disciplina que mayor impacto ha generado entre los estudiantes en su aplicabilidad en distintos laboratorios didácticos y, la arqueología, la preferente antes y después de la experimentación. Sorprende entonces este hecho dado que la arqueología aparece como algo atractivo y preferente y sin embargo los museos que albergan los frutos de campañas arqueológicas se presentan como algo aburrido y lejano para ellas y ellos (Martínez, 2020). Si recordamos, los centros participantes en la presente investigación tenían en común que visitaban el Museo de Lérida y que dicha institución se erigió como sede de la experimentación. Así parece ser que hay que ahondar más profundamente en las oportunidades de diálogo entre arqueología, ciencias y museos. Por otro lado, también el presente trabajo deja en evidencia que hay que estudiar más y mejor a los públicos de estas instituciones, puesto que los adolescentes no quieren tener la sensación de que cuando van al museo solo miran, no tocan y no aprenden; no hay que olvidar que el deseo natural de cualquier ser humano es el de conocer, aprender y descubrir cosas (Martínez, 2020).

Así, podemos afirmar que los espacios de presentación del patrimonio o museos son necesarios en esta formulación y que en dicha ecuación la formación del profesorado es esencial para transmitirlo en las aulas de secundaria. Y de la misma manera, concluir que el uso de los materiales didácticos elaborados para este intercambio entre instituciones educativas, generan que, la gran mayoría de los estudiantes, mejoren la visión que tienen de las materias curriculares, presentando altos niveles de interés, utilidad y motivación. Por ello, consideramos que hay que aceptar el reto de resquebrajar esta pared invisible que aleja tanto al profesorado como al estudiantado de los museos de Historia y Arqueología. Hay que perseguir y potenciar su parte más atractiva sin olvidar el rigor de la información, además de intentar también mantener vivo el entusiasmo y el afán por descubrir y por conocer lo que estos espacios son capaces de generar (Santacana & Prats, 2015).

Conclusiones e implicaciones

En resumen, con esta investigación se defiende que los procedimientos científicos propios de las disciplinas trabajadas son un elemento esencial para la formación de futuros ciudadanos críticos, así como el trabajo interdisciplinar y en colaboración con los centros museísticos.

Todavía son escasos los estudios que orienten la aplicación de proyectos científicos interdisciplinares en el aula, y mucho menos en relación con la arqueología, por lo que el profesorado puede carecer de referentes y la consiguiente formación para implementar estas estrategias innovadoras en la enseñanza de las ciencias sociales. En consecuencia, consideramos imprescindible que el profesorado esté formado en estas líneas y ello implicaría reformular la formación inicial y continua tal y como la conocemos.

El Máster de Formación del Profesorado impartido en universidades españolas debería necesariamente trabajarlas y dar respuesta a las necesidades reales de la sociedad cambiante de la mano de investigadores universitarios y de docentes de Educación Secundaria en activo. Hay que dotar al profesorado de conocimientos disciplinares adecuados, pero también de instrumentos de análisis y reflexión sobre su práctica docente, fomentando actitudes de práctica reflexiva y coaching entre iguales. A su vez, y al hilo de los resultados del proyecto, vemos en la arqueología una oportunidad para introducir en el aula trabajos interdisciplinares que desdibujen la estructura de materias actuales permitiendo abordar problemas relevantes y saberes propios del conocimiento escolar que pasan por la actualización constante del profesado en la disciplina, así como en su potencial para introducir metodologías activas y para establecer puentes entre el museo y la escuela.

Por todo lo expuesto, el presente estudio aporta modestos pero interesantes datos como resultado de un proyecto de innovación y transferencia educativa y nos hace reflexionar sobre las posibilidades que ofrece este tipo de planteamiento en la formación del profesorado y también sobre las implicaciones que este tipo de trabajos ejercen a modo de detonante creando un modelo lúdico y didáctico replicable en otro tipo de materias ofreciendo la posibilidad y oportunidad de la creación por parte del propio profesorado de proyectos educativos de centro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Los financiadores no tuvieron ningún papel en el diseño del estudio; en la recopilación, análisis o interpretación de datos; en la redacción del manuscrito, o en la decisión de publicar los resultados.

Referencias

- Abad, F. J., Garrido, J., Olea, J. y Ponsoda, V. (2006). *Introducción a la psicometría. Teoría Clásica de los Test y Teoría de la Respuesta al Ítem*. Universidad Autónoma de Madrid.
- Abad, F. J., Olea, J., Ponsoda, V. y García, C. (2011). *Medición en Ciencias Sociales y de la Salud*. Síntesis.
- Acevedo-Díaz, J.A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1(1), 3-16. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2004.v1.i1.01
- Arias, L. y Egea, A. (2019). Enseñanza y arqueología ¿un diálogo posible? En L. Coma y T. Martínez (Coords.), *Joan Santacana Mestre. Al savi professor, arqueòleg i museòleg* (pp.165-176). Llibres de matrícula.
- Asenjo, E., Hernandez, G., Gómez, S. y Asensio, M. (2011). Concepto de área de interpretación y metodología de evaluación: un estudio observacional en el museo de la Biblioteca Nacional. En M. Asensio y E. Asenjo (Ed.), *Lazos de luz azul. Museos y tecnologías 1,2,3.0* (pp. 215-233). Editorial UOC.
- Babbie, E. (2000). *Fundamentos de la investigación social*. Paraninfo.
- Bisquerra, R. (2014). *Metodología de la investigación educativa*. La Muralla.

- Bojinova, E.D. y Oigara, J.N. (2011). Teaching and Learning with Clickers: Are Clickers Good for Students? *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 7, 169-184.
- Brickhouse, N. W., Lowery, P. & Schultz, K. (2000). What Kind of a Girl Does Science? The Construction of School Science Identities. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(5), 441-458.
- Caamaño, A. (2011). Enseñar química mediante la contextualización, la indagación y la modelización. *Alambique. Didáctica de las Ciencias experimentales*, 69, 21-34.
- Claxton, G. (1994). *Educación mentes curiosas. El reto de la Ciencia en la escuela*. Visor.
- Cleaves, A. (2005). The formation of science choices in secondary school. *International Journal of Science Education*, 27(4), 471-486.
- Cohen, L., Manion, L. y Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6th ed.). Routledge Falmer.
- Consejo de la Unión Europea (2018). *Recomendación del consejo de 22 de mayo de 2018 relativa a las competencias clave para el aprendizaje permanente*. <https://bit.ly/3epV571>
- Crujeiras, B. y Jiménez, M.P. (2015). Análisis de la competencia científica de alumnado de secundaria: respuestas y justificaciones a ítems de PISA. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(3), 385-40. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i3.01
- DECRET 187/2015, Ordre ENS/108/2018. *Competències bàsiques i Orientacions*. Generalitat de Catalunya.
- Díaz, I. y García, M. (2011). Más allá del paradigma de la alfabetización. La adquisición de la cultura científica como reto educativo. *Formación Universitaria*, 4(2), 3-14. <https://doi.org/10.4067/s0718-50062011000200002>
- Diego-Mantecón, J.M., Arcera, O., Blanco, T.F. y Lavicza, Z. (2019). An engineering technology problem-solving approach for modifying student mathematics-related beliefs: Building a robot to solve a Rubik's cube. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 26(2), 55-64. <https://doi.org/10.1564/tme v26.2.02>
- Duarte D. J. (2003). Ambientes de aprendizaje: una aproximación conceptual. *Estudios Pedagógicos*, 29, 97-113. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173514130007>
- Egea, A.; Arias, L. y Santacana, J. (coord.) (2018). *Y la arqueología llegó al aula. La cultura material y el método arqueológico para la enseñanza de la historia y el patrimonio*. Trea.
- Erneta, L. y Casas, M. (2020). La competencia científica en los estudios de bachillerato en España. *En Currículum. Revista de Teoría, Investigación y práctica educativa*, 33, 151-169. <https://doi.org/10.25145/j.qurricul.2020.33.08>
- Ferrés, C., Marbà, A. y Sanmartí, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37.

- Gómez-Crespo, M.A. y Pozo, J.I. (2004). Relationships between everyday knowledge and scientific knowledge: understanding how matter changes. *International Journal of Science Education*, 26(11), 1325-1343.
- Guerra-Santana, M., Rodríguez-Pulido, J. y Artiles-Rodríguez, J. (2019). Aprendizaje colaborativo: experiencia innovadora en el alumnado universitario. *Revista de estudios y experiencias en educación*, 18(36), 269-281. <https://dx.doi.org/10.21703/rexe.20191836guerra5>
- Imbernón, F. (2019). La formación del profesorado de educación secundaria: la eterna pesadilla". *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 23(3), 151-163.
- Johnson, D., Johnson, R. y Holubec, E. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Paidós.
- Han, S., Capraro, R. y Capraro, M.M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently: The impact of student factors on achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 1089-1113. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9526-0>
- López-Cerezo, J.A. (1998). Ciencia, tecnología y sociedad. El estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 41-68. <https://doi.org/10.35362/rie1801091>
- Martín-Piñol, C. y Calderón-Garrido, D. (2021). Del objeto descubierto al objeto artístico, un planteamiento con propósitos educativos. *Arte, Individuo y Sociedad* 33(2), 467-483. <https://doi.org/10.5209/aris.68512>
- Martínez, T. y Martín, C. (2019). La innovación didáctica aplicada a la arqueología y transferida a la educación artística: las Edulabcase y el aprendizaje procedimental y metodológico. *Enseñanza de las Ciencias Sociales*, 18, 77-89. <http://doi.org/10.1344/ECCSS2019.18.6>
- Martínez Gil, T. (2020). Caminando hacia la construcción de una museología inclusiva: percepción del público juvenil sobre inclusión cultural en espacios museísticos. *Investigación en la escuela*, 101, 96-108. <https://doi.org/10.12795/IE.2020.i101.08>
- Maass, K., Geiger, V., Ariza, M.R. y Goos, M. (2019). The role of mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM*, 51, 869-884. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01100-5>
- Meseguer, A., Arias, L. y Egea, A. (2017). El patrimonio arqueológico en los libros de texto de Educación Secundaria. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 33, 65-82.
- Millar, R. y Hunt, A. (2006). La ciencia divulgativa. Una forma diferente de enseñar y aprender ciencia. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 49, 20-29.
- Nordin, A. y Sundberg, D. (2016). Travelling concepts in national curriculum policy-making: The example of competencies. *European Educational Research Journal*, 15(3), 314-328. <https://doi.org/10.1177/1474904116641697>

- Pedrinaci-Rodríguez, E. (2012). El ejercicio de una ciudadanía responsable exige disponer de cierta competencia científica. En E. Pedrinaci-Rodríguez (Coord.). *11 ideas claves. El desarrollo de la competencia científica* (pp. 15-38). Graó.
- Prats, J., Fuentes, C. y Sabariego, M. (2019). La investigación evaluativa de materiales didácticos para la educación política y ciudadana a través de contenidos históricos. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 22(2), pp. 1-15.
- Pujolàs-Masset, P. (2008). *9 ideas claves. El aprendizaje cooperativo*. Graó.
- Sanmartí, N; Burgoa, B. y Nuño, T. (2011). “¿Por qué el alumnado tiene dificultades para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas?”, *Alambique*, 67, 62-69.
- Santacana, J. y Prats, J. (2015). La educación patrimonial y su contribución a la educación ciudadana. En L. Limaima y P. Pernasernas (Coord.), *Didáctica de la Historia. Problemas y métodos*, Tomo II (pp. 175-202). El Dragón Rojo.
- Santacana, J., Llonch, N. y Martín, C. (2018). Aprender ciencias a través de la arqueología prehistórica: una experiencia didáctica con kits educativos. *Educação Temática Digital*, 20(3), 604-622. <http://doi.org/10.20396/etd.v20i3.8651711>
- Santacana Mestre, J., y Martínez Gil, T. (2018). El patrimonio cultural y el sistema emocional: un estado de la cuestión desde la didáctica. *Arbor*, 194(788), a446. <https://doi.org/10.3989/arbor.2018.788n2006>
- Santacana, J., López, V. y Martínez, T. (2017). *La ciencia que no se aprende en la Red. Modelos didácticos para motivar el estudio de las ciencias a través de la arqueología*. Graó.
- Tamayo, O.E., Zona, R. y Loaiza, Y.E. (2015). El pensamiento crítico en la educación. Algunas categorías centrales en su estudio. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 11(2), 111-133.
- Torres, A., Mora, E., Garzón, F. y Ceballos, N. (2013). Desarrollo de competencias científicas a través de la aplicación de estrategias didácticas alternativas: un enfoque a través de la enseñanza de las ciencias naturales. *Tendencias*, 4(1), 187-215.

Anexo 1

Tabla 1

Ítems del pre y post-test para los indicadores de análisis

Pretest		
Categoría	Subcategoría	Ítem (valora de 1 a 6)
DISCIPLINAS CIENTÍFICAS	Matemáticas	Grado de interés por las matemáticas
	Paleontología	Grado de interés por la paleontología
	Química	Grado de interés por la química
	Física	Grado de interés por la física
	Ciencias de la naturaleza	Grado de interés por las ciencias de la naturaleza
	Antropología física	Grado de interés por la antropología física
	Historia	Grado de interés por la Historia
	Arqueología	Grado de interés por la Arqueología
	Geografía	Grado de interés por la Geografía
MÉTODO CIENTÍFICO	Análisis de fuentes	Grado de conocimiento y aplicabilidad en el análisis de fuentes primarias
	Clasificación	Grado de conocimiento y aplicabilidad en la clasificación de fuentes
	Formulación de hipótesis	Grado de conocimiento y aplicabilidad en la formulación de hipótesis
	Aplicación del juicio crítico	Grado de conocimiento y aplicabilidad del juicio crítico
	Causalidad	Grado de conocimiento y aplicabilidad de la causalidad
METODOLOGÍAS DE APRENDIZAJE	Aula expositiva	Grado de preferencia de la metodología expositiva
	Aula interactiva	Grado de preferencia de la metodología participativa
	Aula m-learning	Grado de preferencia del uso de la tecnología móvil en las aulas
	Itinerario al museo	Grado de preferencia de la visita guiada en un museo
	Taller en el museo	Grado de preferencia de la metodología por talleres en un museo
	M-learning en espacio patrimonial	Grado de preferencia del uso de la tecnología móvil en espacios patrimoniales

Post-test		
DISCIPLINAS CIENTÍFICAS	Matemáticas	Grado de interés y aplicabilidad por las matemáticas
	Paleontología	Grado de interés y aplicabilidad por la paleontología
	Química	Grado de interés y aplicabilidad por la química
	Física	Grado de interés y aplicabilidad por la física
	Ciencias de la naturaleza	Grado de interés y aplicabilidad por las ciencias de la naturaleza
	Antropología física	Grado de interés y aplicabilidad por la antropología física
	Historia	Grado de interés y aplicabilidad por la Historia
	Arqueología	Grado de interés y aplicabilidad por la Arqueología
	Geografía	Grado de interés y aplicabilidad por la Geografía
MÉTODO CIENTÍFICO	Análisis de fuentes	Grado de aplicabilidad en el análisis de fuentes primarias
	Clasificación	Grado aplicabilidad en la clasificación de fuentes
	Formulación de hipótesis	Grado de aplicabilidad en la formulación de hipótesis
	Aplicación del juicio crítico	Grado de aplicabilidad del juicio crítico
	Causalidad	Grado de aplicabilidad de la causalidad
	Isótopos	Grado de atractividad y usabilidad de procesos metodológicos en el Labcase <i>Isótopos</i>
	Huesos y dientes	Grado de atractividad y usabilidad de procesos metodológicos en el Labcase <i>Huesos y dientes</i>
	Secuencias	Grado de atractividad y usabilidad de procesos metodológicos en el Labcase <i>Secuencias</i>
	Geomorfología	Grado de atractividad y usabilidad de procesos metodológicos en el Labcase <i>Geomorfología</i>
	Estratos y sedimentos	Grado de atractividad y usabilidad de procesos metodológicos en el Labcase <i>Estratos y sedimentos</i>
	Metales	Grado de atractividad y usabilidad de procesos metodológicos en el Labcase <i>Metales</i>
	Conchas	Grado de atractividad y usabilidad de procesos metodológicos en el Labcase <i>Conchas</i>
	Herramientas	Grado de atractividad y usabilidad de procesos metodológicos en el Labcase <i>Herramientas</i>
	Semillas y carbonos	Grado de atractividad y usabilidad de procesos metodológicos en el Labcase <i>Semillas y carbonos</i>
	Cerámica y volúmenes	Grado de atractividad y usabilidad de procesos metodológicos en el Labcase <i>Cerámica y volúmenes</i>
	Huesos humanos	Grado de atractividad y usabilidad de procesos metodológicos en el Labcase <i>Huesos humanos</i>