

---

## APRENDER CIENCIAS A TRAVÉS DE LA ARQUEOLOGÍA PREHISTÓRICA: UNA EXPERIENCIA DIDÁCTICA CON KITS EDUCATIVOS EN EL MUSEO

---

APRENDENDO CIÊNCIA PELA ARQUEOLOGIA PRE-HISTÓRICA:  
UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA COM KITS EDUCACIONAIS NO MUSEU

---

LEARNING SCIENCE THROUGH PREHISTORIC ARCHAEOLOGY:  
A TEACHING AND LEARNING EXPERIENCE WITH EDUCATIVE KITS AT THE MUSEUM

---

*Joan Santacana Mestre<sup>1</sup>, Nayra Llonch Molina<sup>2</sup>, Carolina Martín Piñol<sup>3</sup>*

### RESUMEN

El artículo trata de la enseñanza de la arqueología prehistórica en la escuela y en el museo; plantea cómo la historia, la física o la química tienen sistemas de razonamiento diferentes, llamados “razonamiento informal”, para la primera, y razonamiento formal, para las segundas. La arqueología, por su origen, participa de ambos sistemas de razonamiento; por este motivo es una disciplina rica en procedimientos metodológicos y ello la convierte en un poderoso instrumento educativo. A partir de esta constatación se comenta cómo es posible, a partir de métodos utilizados por la arqueología, introducir a los adolescentes en el estudio de diversas ciencias, desde las matemáticas o las ciencias naturales a la física o la química. Finalmente, el artículo muestra y comenta una experiencia didáctica desarrollada en un museo en la cual se ha evaluado un proyecto basado en los supuestos anteriormente explicados. Se presentan los materiales didácticos del proyecto, que se diseñaron como kits móviles (en concreto 11 kits denominados LabCase), y se explica su experimentación con más de 469 alumnos de ESO (Educación Secundaria Obligatoria). En concreto se analizan resultados de los cuatro kits que fueron sometidos a experimentación por un mayor grupo de alumnos.

**PALAVRAS-CLAVE:** Arqueología. Didáctica. Educación científica. Método científico. Prehistoria

### ABSTRACT

This article deals with the teaching of prehistoric archeology both at school and in a museum setting. It considers how history, physics or chemistry follow different reasoning systems; the one called “informal reasoning” applies to history, whereas formal reasoning relates to the latter two disciplines. Because of its origin, archaeology uses both reasoning systems; and for this reason it is a rich discipline in terms of methodological procedures, which turns it into a powerful educational tool. Based on this evidence, the article explores how teenagers can be introduced to the study of different sciences- from mathematics, natural science or physics to chemistry- by implementing those methods used in archaeology. Finally, the article presents and discusses a teaching and learning experience carried out in a museum, where a project based on the above explained assumptions has been assessed. The teaching-learning materials used in the Project, which were designed as portable kits (specifically 11 kits called LabCase), are presented, and LabCase kit experimentation with over 469 secondary

---

<sup>1</sup>Doctor en Pedagogía por la Universidad de Valladolid (España). Profesor titular del Departamento de Didácticas Aplicadas de la Facultad de Educación de la Universidad de Barcelona (España). **E-mail:** [joansantacana@gmail.com](mailto:joansantacana@gmail.com)

<sup>2</sup> Doctora en Didáctica de las Ciencias Sociales y del Patrimonio por la Universidad de Barcelona (España) Profesora agregada del Departamento de Didácticas Específicas de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Lleida (España). **E-mail:** [nayra.llonch@didesp.udl.cat](mailto:nayra.llonch@didesp.udl.cat)

<sup>3</sup> Doctora en Didáctica de las Ciencias Sociales y del Patrimonio por la Universidad de Barcelona (España) Profesora lectora del Departamento de Didácticas Aplicadas de la Facultad de Educación de la Universidad de Barcelona (España). **E-mail:** [carolinamartin@ub.edu](mailto:carolinamartin@ub.edu)

**Submetido em:** 13/02/2018 - **Aceito em:** 05/06/2018

education students is explained. More concretely, this research analyses the results of the four kits which were subjected to experimentation by a larger group of students.

**KEYWORDS** Archaeology. Prehistory. Science Education. Scientific Methodology. Teaching and Learning.

## RESUMO

O artigo aborda o ensino da arqueologia pré-histórica na escola e no museu. Demonstra como a história, a física ou a química têm diferentes sistemas de raciocínio, designados "raciocínio informal", no primeiro caso, e "raciocínio formal" nos dois últimos. A arqueologia, pela sua origem, insere-se em ambos os sistemas de raciocínio; por isso é uma disciplina rica em termos de procedimentos metodológicos, o que a transforma em poderosa ferramenta educativa. A partir desta constatação discute-se como é possível, a partir dos métodos utilizados pela arqueologia, iniciar os adolescentes no estudo de diversas ciências, desde a matemática ou das ciências naturais à física ou química. Finalmente, o artigo apresenta e comenta uma experiência de ensino e aprendizagem desenvolvida num museu e na qual se avaliou um projeto baseado nos pressupostos anteriormente explicados. Apresentam-se os materiais didáticos do projeto, que se desenharam como kits móveis (mais concretamente, 11 kits designados LabCase) e explica-se a sua experimentação com mais de 469 alunos de Educação Secundária Obrigatória (alunos de 12 a 15 anos de idade). Em concreto, analisam-se resultados dos quatro kits que foram submetidos a experimentação por um maior número de alunos.

**PALAVRAS-CHAVE** Arqueologia. Educação científica. Ensino e aprendizagem. Pré-história. Metodologia científica.

## 1 INTRODUCCIÓN

### *1.1 El descrédito de la historia escolar y del pensamiento no formal en la sociedad*

Cuando en la escuela reglada se enseñan materias como la física o las matemáticas, todo el mundo sabe que lo importante no es memorizarlas sino comprenderlas y aplicarlas en contextos o problemas similares a los estudiados. Por el contrario, parece ser que cuando se enseñan materias "sociales" lo importante es "saberlas", es decir, memorizar sus contenidos para poderlos repetir (GÓMEZ, ORTUÑO y MOLINA, 2014). Esta dicotomía se ve reforzada por el hecho que en física o matemáticas podemos llegar a "comprender" un experimento, sus pasos e intentar replicarlos, así como "comprender" fórmulas para poder aplicarlas y así resolver nuevos problemas; pero es evidente que, en el caso de la Historia o de la Prehistoria, no se puede pretender aplicar lo que hemos aprendido. Tampoco sabríamos cómo aplicarlo; por ejemplo, Aníbal pasó los Alpes con elefantes, pero nosotros no vamos a repetir esta hazaña. Por ello, es importante preguntarnos cuál es la diferencia entre los razonamientos que empleamos en matemáticas o física y los que empleamos en historia (SANTACANA, MARTÍNEZ y MARTÍN, 2016). En realidad, la física y las matemáticas son disciplinas que utilizan razonamientos formales, en los cuales el problema está perfectamente definido, los datos para resolverlo han sido establecidos de antemano y el método a seguir también está claro. Obviamente, en estos razonamientos formales, todo el proceso se representa mediante algoritmos, en donde palabras tales como "trabajo", "fuerza", "masa", etc. han sido previamente definidas y simbolizadas. Finalmente hay una última característica de este tipo de razonamiento: la respuesta suele ser única y no admite variantes. Por el contrario, disciplinas tales como la historia –por citar solo la que suele estructurar las llamadas "ciencias sociales"- parte de un sistema de razonamiento que denominamos "informal" (CARRETERO y LIMÓN, 1993; 1997); ello significa que existen problemas a resolver

pero que tienen parámetros no totalmente definidos; a veces, ni el problema está claramente planteado. El método o caminos a recorrer para resolverlo pueden ser muchos y variados y el proceso no se materializa con ningún algoritmo sino con amplios relatos textuales. Finalmente, el resultado no siempre es único y puede diferir según quien nos lo cuente.

Desde el siglo XVIII, la escuela ha priorizado el primer tipo de razonamiento, el “formal”, y ha considerado como secundario el sistema de razonamiento informal. Y, sin embargo, cuando analizamos la toma de decisiones que mujeres y hombres hacemos diariamente, el razonamiento informal es el más frecuente (GALOTTI, 1989; VOSS, PERKINS y SEGAL, 1991). Así, por ejemplo, cuando nos tenemos que desplazar de un lugar a otro de una ciudad no siempre el medio que tomaremos está claramente definido: ¿a pie?, ¿en coche?, ¿en metro o bus? Nuestras decisiones se toman en función de parámetros que pueden variar y ser incorrectos, como, por ejemplo, “tomaré el metro porque hoy el tráfico estará muy mal, dado que es viernes”, y, sin embargo, puede que aquella mañana el metro se averíe en la línea que nosotros hemos elegido. Y solo sabemos si nuestro análisis ha sido correcto al final, dado que el comportamiento de los condicionantes y las variables no estaba preestablecido. Pero a pesar de que nuestro cerebro actúa con más frecuencia mediante razonamientos informales, desde el ámbito educativo, como hemos visto, damos mayor importancia al razonamiento formal. La razón de ello radica, a nuestro entender, en el hecho que el razonamiento formal, matemático, es replicable y re-aplicable, y radica en el método de análisis, y la escuela, como toda comunidad académica, prioriza la enseñanza del método, puesto que de lo contrario, corre el riesgo de enseñar mitos. Dentro de esta dicotomía método/mito (ACEVEDO, 2002; GADAMER, 1997), que está presente en toda la historia del pensamiento occidental, se considera que las disciplinas débiles en metodología no ofrecen garantías.

Dicho esto, es bien sabido que la arqueología es muy rica en métodos, ya que en el fondo está constituida por un conjunto de técnicas susceptibles de ser aplicadas a cualquier periodo del pasado; por ello, hay una arqueología prehistórica, una arqueología medieval e incluso una arqueología industrial. En todo caso, la arqueología participa de ambos tipos de razonamiento, dado que, por una parte, es hija de las “bellas artes”, de las humanidades –ya que nació de ellas-, pero tiene un padre que pertenece a la ciencia geológica, con sus componentes físico-químicos. Por este motivo, participa del razonamiento informal propio de las primeras a la vez que del razonamiento formal, en la medida que se apoya en métodos físico-químicos y matemáticos (SANTACANA, y MASRIERA, 2012: 27-34). En concreto nos referiremos a la arqueología prehistórica, ya que suele ser la que utiliza más recursos tecno-científicos, puesto que no puede disponer prácticamente de ninguna otra fuente –ni oral ni textual-, como sí ocurre en los demás periodos de la historia (SANTACANA y HERNANDEZ, 1999).

## *1.2 Un elogio a favor de la Prehistoria como disciplina escolar*

Puede parecer absurdo a primera vista elogiar una disciplina que necesita del concurso de muchas otras y que requiere a su vez de grandes recursos económicos para extraer conclusiones relativamente escasas sobre el pasado más remoto. Incluso es lícito dudar de su valor como ciencia humana, dado que, a ojos de muchos, sus conclusiones son de poca utilidad. Sin embargo, después de más de un siglo apostando por disciplinas que con sus técnicas intentan transformar a los humanos, reformarlos, conducirlos o adoctrinarlos, y a la vista de los resultados, hoy quizás sea bueno dedicar un tiempo a una ciencia que no nos quiere transformar, que no pretende conducir ni adoctrinar al ser humano, sino comprenderlo.

Por otra parte, el estudio de la Prehistoria, a pesar de su modestia en los objetivos, nos aporta muchas cosas. En primer lugar, es una disciplina que genera espacios de ocio inteligente y ello, por sí solo, ya es importante. También es una materia en la cual todos los seres humanos, independientemente de etnias, religión u origen nos podemos sentir identificados, ya que la Prehistoria estudia a los humanos cuando todos éramos muy parecidos todavía y no se había culminado el gran abismo que se creó entre unas sociedades y otras. Es por ello que tanto los pueblos africanos como los de Europa, América, Asia o las islas de Oceanía, se sienten identificados con esta etapa de la Humanidad, unos antes y otros después (HARRIS, 1981). Así, pues, es una disciplina que nos muestra cuán iguales somos en el fondo; nos presenta tal como éramos antes de que la historia nos dividiera profundamente. Como en aquellos tiempos remotos la “historia” no existía, tampoco se nos plantean rencores históricos; por el contrario, la Prehistoria es capaz de mostrar a los seres humanos como un elemento más de la cadena trófica, cosa que es difícil en los demás periodos del pasado. Por ello nos proporciona una perspectiva larguísima de la especie humana que permite relativizar muchas afirmaciones del presente: nos muestra cómo nos hemos adaptado a todos los medios.

Por estas razones, entre otras, el estudio de la Prehistoria es útil a pesar de que nuestros sistemas educativos están obsesionados en enseñar una historia descafeinada, disuelta en un magma al que llaman Ciencias Sociales. Es una parte del pasado que se estudia en la niñez y casi no se estudia en la adolescencia. Esta situación es la responsable que cuando la mayoría de ciudadanos llegan a la edad adulta tengan una visión infantilizada del pasado prehistórico y sean incapaces de reconocer su potencialidad para comprender al ser humano.

## **2 CARACTERÍSTICAS DE LA ARQUEOLOGÍA PREHISTÓRICA Y DE SU APLICACIÓN EN LA ENSEÑANZA REGLADA Y EN EL MUSEO**

### *2.1 El poder del método y el valor metodológico de la arqueología*

La enseñanza de la Prehistoria, sin embargo, al igual que la de la historia –como ya mostró Altamira (1997)- debería priorizar el método, dado que los problemas objeto de estudio de la

Prehistoria y también de la historia suelen ser problemas reales que afectan a los humanos; ante ellos, nos planteamos hipótesis variadas, recurrimos a fuentes para probar nuestras suposiciones, analizamos críticamente el origen y los mensajes de estas mismas fuentes y, al final de todo ello, nuestros argumentos son sostenibles o no en función del análisis crítico de las fuentes usadas. Enseñando el método en la escuela reglada enseñaríamos a plantear preguntas, a formularnos hipótesis sobre los hechos, a clasificar las fuentes, los objetos o los restos que existen, a analizar críticamente cada una de estas informaciones y, finalmente, a sostener una propuesta con argumentos convincentes (PRATS y SANTACANA, 2011).

Sin embargo, trabajar la Prehistoria o la historia enseñando el método no es frecuente en el sistema escolar reglado. Para trabajar correctamente el método de la historia hay que tener claro que el pasado no existe y los hechos del pasado no se repiten jamás de la misma manera. Lo único que queda del pasado son los relatos de aquellos que dicen que lo vivieron, que estaban allí –son las fuentes orales, de fonoteca-, o bien el relato escrito –son las fuentes escritas, archivísticas, de hemeroteca, etc.- y, finalmente, hay las fuentes materiales, los objetos del pasado, los restos materiales que han permanecido más o menos alterados. Estos testigos del pasado con los cuales construimos el relato, la historia, pueden mentir o conducir a error por motivos diversos; es la metodología sobre la crítica de textos la que nos permite conocer si un relato miente o es erróneo, y en el caso de las fuentes materiales suele ser el método arqueológico el que nos advierte del riesgo de error. Por ello, en un sistema de enseñanza de la historia riguroso y útil para la ciudadanía, lo importante es conocer estas metodologías. Y los métodos de la arqueología son relevantes por esta razón: porque nos conducen a razonamientos hipotético-deductivos o inductivos que ayudan al desarrollo de la mente.

## *2.2 Los recursos metodológicos de la arqueología a través de los objetos y restos del pasado*

La arqueología es una disciplina científica que tuvo padres diversos; como hemos dicho, se gestó en el seno de las ciencias humanas –arte, clasicismo, lenguas antiguas, antropología cultural, etc.-, pero se nutrió de ciencias positivas, es decir de aquellas que derivan de la revolución newtoniana –matemáticas, física, química, biología, geología, botánica, etc.-. Por ello, es una disciplina de una gran riqueza metodológica. Para la arqueología, el análisis científico de los objetos es tan importante como el de los restos; y analizar un objeto requiere un método y unas pautas a seguir. Analizar significa “descomponer”, separar sus partes, y ello se consigue mediante unos procedimientos meticulosos, en los que nos preguntamos desde cómo se relacionan las partes de un objeto complejo entre sí, hasta la naturaleza de los distintos materiales, su origen, su comparación con otros similares, su uso y función, quién o quiénes lo pudieron haber producido y dónde se manufacturó. Y ello es así tanto si analizamos una lasca de sílex en la arqueología prehistórica como si se analiza el motor a vapor en la arqueología industrial. Además de los objetos, el análisis de restos implica conocer muchas técnicas, desde la medición y dibujo hasta la fotografía, pasando por la geología, la paleobotánica, la paleozoología,

la anatomía humana, la malacología, el análisis químico, las matemáticas, etc. La lista de disciplinas científicas susceptible de ser utilizadas por la arqueología es inagotable, dado que los arqueólogos exhuman restos de las más diversas actividades humanas y nada de lo que existió le es ajeno al arqueólogo: los caparzones o exoesqueletos quitinosos de los insectos nos pueden indicar en qué estación del año se formó un estrato o la odontología puede ser útil para indicar la dieta alimentaria de un ser humano. Incluso la astronomía puede ser relevante para conocer las funciones de un monumento megalítico o para proponer hipótesis sobre él. Por ello, no es exagerado afirmar que cualquier disciplina puede ser un poderoso auxiliar para resolver un problema planteado por la arqueología.

### *2.3 Conceptos y métodos: de la arqueología prehistórica a las ciencias*

En el fondo, la escuela reglada siempre ha dividido el objeto de estudio en materias y asignaturas. Esta división, establecida ya en la Edad Media, ha regido nuestras instituciones educativas hasta el presente y la historia siempre ha formado parte de las humanidades o de las disciplinas sociales. Por ello, la Prehistoria fue incorporada como un capítulo previo a la asignatura de historia y quedó asociada a las disciplinas de “letras”; como este tipo de disciplinas han tenido siempre un carácter “cívico-moral”, lo importante de ellas era transmitir conceptos; la Prehistoria transmitía conceptos simples, del estilo “neodarwinianos”, que pretendían mostrar cómo los humanos hemos realizado una larga carrera desde la barbarie a la civilización. Ello implicaba una lucha por la supervivencia, enfrentados a animales feroces, viviendo en grutas lúgubres y arañando a la tierra sus frutos con sudor. Estas ideas siguen vigentes hoy en la escuela primaria y secundaria en casi toda Europa. El concepto clave que se transmite es muy similar al que hemos descrito brevemente: las sociedades cazadoras de la Prehistoria “evolucionaron” a un estadio superior que significaba la agricultura; con ello aseguraban la comida, la cual había que proteger en poblados o asentamientos de tipo sedentario; ello fue una etapa hacia el nacimiento de las complejas sociedades urbanas. El origen del Neolítico - ya fuere autóctono o importado- se concibe como la gran revolución que hizo ascender a unos grupos hacia la civilización. Estas ideas, formuladas en la primera mitad del siglo XX por CHILDE (1996), entre otros, arraigaron en los manuales escolares y siguen reinando en ellos. Estos son los conceptos que se enseñan en el mejor de los casos. Nadie plantea a los adolescentes que las sociedades cazadoras que viven sobre un territorio es imposible que no conocieran las costumbres de los animales. Nadie plantea a los jóvenes si es posible vivir en la selva o en la sabana y desconocer que las plantas crecen. Y, si realmente lo sabían, ¿por qué no cultivaron la tierra antes? ¿Fue realmente la agricultura un “descubrimiento”? ¿O simplemente se vieron abocados a ella? ¿Es posible que la agricultura significara la introducción de un concepto duro de asimilar como es el de “trabajo”? Y es que la arqueología prehistórica proporciona elementos para la reflexión y genera preguntas de no fácil respuesta: ¿cuántos humanos poblaban la Península Ibérica a finales del cuaternario? Las respuestas más optimistas hablan de 10.000 en el musteriense y de 30.000 al final del Paleolítico. ¿Podían realmente con sus medios de caza agotar ellos la fauna? ¿Podían transformar el medio?



¿Se agotaron los grandes animales de las praderas a causa de su acción depredadora? ¿A cuántos humanos puede alimentar un *Elephas antiquus*? Estas son cuestiones lógicas que habría que enseñar a plantear y en base a ellas discernir hipótesis y buscar respuestas en los restos materiales exhumados. Y si no podían agotar la fauna por sus propios medios, ¿cuál fue la causa de la desaparición de especies?

Estas o similares son las cuestiones que deberíamos plantearles, ya que, en cualquier disciplina científica, lo primero que hay que definir claramente es el problema. Sin embargo, una vez planteado el problema, la respuesta no está en los libros ni en Internet; la respuesta está en la aplicación rigurosa del método y éste implica muchísimas cosas: saber establecer cálculos matemáticos, comprender la dinámica de los estratos, saber cómo funcionan los sistemas de datación, saber identificar las especies animales y vegetales consumidas, saber cómo fueron cocinadas, saber cómo funciona un espectrómetro de masas con el que podemos plantearnos los componentes de una aleación metálica, y un sinfín de métodos más. Y todos estos métodos, la arqueología los desarrolla con ayuda de disciplinas tales como la geología, la botánica, la anatomía, la física atómica, etc. Por ello, la arqueología se convierte en una disciplina capaz de estructurar muchos elementos metodológicos. Esta es su utilidad, sin duda alguna.

#### *2.4 El uso de una disciplina popular entre los adolescentes: sus necesidades y sus capacidades*

Hay otra característica de la arqueología que no escapa a los ojos de cualquier observador: se trata de una disciplina popular que con razón ha podido ser conceptualizada como “transmedia” (SCOLARI, BERTETTI y FREEMAN, 2016). Contrasta la popularidad de la que goza en ámbitos periodísticos (VIANA, 2013) y de los *mass media* con el escaso interés que suscita su estudio en medios escolares y académicos (RUIZ, 1996). Para algunos, la arqueología puede considerarse como un elemento de consumo nada desdeñable entre determinadas capas sociales (COMENDADOR, 2013). A pesar de ello, entre adolescentes y jóvenes el panorama puede ser ligeramente diferente; en un estudio realizado por Santacana, Asensio y Fontal (2016), en el cual se intentaba medir el alcance de la exclusión cultural entre jóvenes y adolescentes, la visita a yacimientos arqueológicos realizada en el marco escolar, en una escala de 1 a 6, alcanzaba una puntuación de 3,55 entre adolescentes y de 4,13 entre jóvenes, es decir, un aprobado justo entre los primeros y un aprobado alto entre los segundos. Las piezas arqueológicas, con un 3,39, suspendían entre los adolescentes y alcanzaban un triste aprobado entre los jóvenes –3,88-; cuando la pregunta incidía directamente sobre la temática de “museos arqueológicos” se repetían las mismas constantes, con un suspenso entre adolescentes –3,18- y un ligero aprobado entre jóvenes –3,54-, y ello frente a grados de interés muy altos en museos de ciencias, por ejemplo. En realidad, la investigación demostraba que lo que provoca poco interés es la forma de presentación. El suspenso no es tanto de la disciplina arqueológica, sino de cómo se muestra. A este público que rechaza visitar los museos de arqueología, les encanta, en cambio, asistir a demostraciones de experimentos –con una puntuación de 4,62 entre adolescentes y de 4,92

entre jóvenes-, les encanta ver cosas a través de la realidad virtual -4,22 y 4,28 respectivamente-, les apasionan las mesas interactivas -4,18 y 4,28 respectivamente-, disfrutan en contextos de patrimonio natural -4,27 y 4,61 respectivamente- y tienen especial interés en los montajes manipulativos -4,17 y 4,54 respectivamente-.

Todo ello no ha de extrañar: la psicología del adolescente nos muestra cómo en esta etapa hay un gran desarrollo del pensamiento crítico; tienen necesidades psicológicas diversas y es un momento importante en la formación de la personalidad. Necesitan aprender a formular hipótesis y ordenar los conceptos en su mente, y despiertan a intereses diversos (GARDNER, 2013, p. 125-147). Esta característica de la mente adolescente que necesita desarrollarse en el análisis crítico, en la que continuamente fluyen preguntas sobre su entorno, es un contexto especialmente idóneo para la enseñanza y el aprendizaje de disciplinas científico-técnicas o que tengan un aparato metodológico muy riguroso. En este sentido, la arqueología es una candidata muy interesante para su formación. Las necesidades y también el desarrollo de las capacidades de estos adolescentes son susceptibles de ser colmadas mediante una disciplina rica en procedimientos metodológicos, en la cual la imaginación disciplinada juega un papel importante, la formulación de hipótesis es un eje estructurador y el análisis crítico de los restos, los objetos y los hallazgos es indispensable para validar o no las propias hipótesis. La eficacia de metodologías de enseñanza de disciplinas tales como la arqueología parece estar demostrada en algunos contextos de adolescentes (SALLÉS, 2013).

### **3 LA ARQUEOLOGÍA COMO “GANCHO” PARA ACERCAR EL MÉTODO CIENTÍFICO A LAS AULAS: UNA PROPUESTA DIDÁCTICA A TRAVÉS DE KITS MÓVILES**

#### *3.1 La frustración de los adolescentes ante las ciencias físico-naturales y matemáticas*

Si el proceso educativo durante la infancia se ha desarrollado de un modo satisfactorio, al llegar a la adolescencia habrán tenido ocasión de desarrollar algunas habilidades que les deberían permitir explorar con más profundidad otras disciplinas. Puede que hayan tenido ocasión de interactuar con tecnologías que les presentan problemas desafiantes que hay que resolver. Ante esta situación hay dos reacciones muy diferentes: la del estudiante a quien el desafío le motiva y, por lo tanto, disfruta con el problema a resolver, y la de aquel que, fruto de la experiencia anterior, se considera inepto para determinados tipos de razonamiento. En este segundo caso, el sujeto tiene una actitud negativa frente a determinadas materias –matemáticas, física, química, etc.-. Es el miedo al fracaso que intuye lo que le incapacita para comprender. El/la adolescente siente que es incapaz de aprender “aquello”; el miedo a fracasar le aleja de la materia hacia la que tiene una actitud negativa y el círculo de la negatividad le atrapa, y será “malo” o “mala” para las matemáticas toda la vida. Ante esta situación de negativismo, muchos adolescentes se autoexcluyen del conocimiento a muy temprana edad; para devolverles la confianza hay que actuar a través de materias que les atraigan y mediante estas conseguir que vuelvan a ganar



confianza en las disciplinas de las que se han autoexcluido.

### *3.2 El proyecto “La ciencia que no se aprende en la Red. Acercar el método científico a las aulas de secundaria”*

En el proyecto “La ciencia que no se aprende en la Red. Acercar el método científico a las aulas de secundaria”, desarrollado a lo largo del 2016, nos propusimos afrontar, entre otros, este problema (SANTACANA, LÓPEZ y MARTÍNEZ, 2017). Se trataba de ver que hay cosas que son muy difíciles de aprender a través de la red: los conocimientos metodológicos. El método es como aprender a andar o a conducir: puede aprenderse la teoría, pero solo se conoce cuando se practica; aprendemos a andar andando y a conducir conduciendo. Así, el método de análisis de las disciplinas científicas tiene un resultado similar. Para ello buscamos en la arqueología prehistórica un tipo de ciencia que fuera transversal a todas las demás y que no suscitara rechazo por parte del alumnado de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO). A partir de la arqueología introduciríamos cálculo matemático, problemas de volúmenes, áreas y proporciones. Las matemáticas deberían emerger de los problemas planteados. Asimismo, la arqueología nos permitiría adentrarnos en temas de Ciencias Naturales, tales como el estudio de moluscos, de vertebrados, la cadena trófica, anatomía humana, geología o botánica. Finalmente, a través de la arqueología, profundizaríamos en conceptos tales como el número atómico, la masa atómica, los protones, los neutrones, los electrones, la radioactividad, etc. Con la excusa de la arqueología fundiríamos metales, explicaríamos cómo funciona el espectrómetro de masas o el análisis de grasas. Obviamente la arqueología nos permitiría plantear hipótesis, clasificar restos, analizar críticamente los resultados, imaginar disciplinadamente y de forma rigurosa volúmenes de edificios y de conjuntos amurallados. De esta forma, la arqueología se transforma en un vehículo para introducirles en la metodología científica de otras disciplinas.

### *3.3 Cómo hacerlo: la construcción de los LabCase*

El proyecto se basó en la construcción de un conjunto de once kits-LabCase. Los kits móviles o LabCase constituyen pequeños laboratorios portátiles (COMA y SANTACANA, 2010, p. 143-151); se trata de contenedores de un tamaño que puede ser muy variable en cuyo interior se encuentran los elementos necesarios para desarrollar un tema concreto. Por eso deben ser realmente autónomos, sin que ni alumnado ni profesorado necesite algo que no esté incluido en el kit. Son relativamente fáciles de transportar, ya que suelen ser maletas o cajas con ruedas y asas. A veces, los kits se manifiestan bajo la fórmula de carpetas, mochilas, carteras, etc.; en el interior de un LabCase hay objetos –réplicas, elementos geométricos, maquetas, etc.- o bien pequeños laboratorios para experimentar. En todo caso, desde el punto de vista didáctico se pueden utilizar desarrollando prácticas similares a las que se preconizan en la didáctica del objeto (DURBIN, MORRIS y WILKINSON, 1990; SANTACANA y LLONCH, 2012). Finalmente, hay que decir que los kit pueden utilizarse en muy diferentes niveles de complejidad y profundidad. Así, por ejemplo, un mineral puede ser utilizado en la etapa infantil como simple aprendizaje de

observación, descripción y comparación, y en la etapa secundaria puede ser utilizado para estudiar su composición química o el sistema en el que cristaliza. En todo caso es el criterio del profesorado el que debe determinar el nivel de profundidad con que se utiliza. Cada LabCase desarrolla algún procedimiento científico -de la botánica, de la zoología, de la física, etc. Obviamente, todos los kits diseñados se enlazan entre sí y es posible pasar de un kit a otro en función de los intereses del alumnado. Los temas son variados y aparentemente desconectados entre sí: hay uno de geomorfología, para aprender a construir curvas de nivel, análisis topográficos, uso de sistemas de coordenadas UTM, cálculo de escalas, etc. Otro está dedicado a la zoología y trata de analizar restos óseos de animales a partir de la dentición. Hay un kit dedicado a estudiar botánica a partir de las semillas carbonizadas y otro está especializado en el análisis de los distintos tipos de moluscos a partir de las conchas. La formación de estratos y sedimentos dispone de un kit propio, como no podía ser de otra forma tratándose de arqueología; se parte de una maqueta interactiva de una excavación real que va mostrando sus sucesivas capas estratigráficas hasta recomponer volumétricamente la hipótesis del conjunto arqueológico en su estado originario. Hay también algunos kits dedicados al análisis de metales con los objetivos de profundizar los conceptos de núcleo atómico, masa y molécula mediante el espectrómetro de masas. Al mismo tiempo el kit tiene como objetivo secundario conocer de qué manera podemos saber los elementos metálicos que contiene una aleación empleada en la fundición de metales y descubrir los procedimientos elementales de la metalurgia.



**Figura 1** - Composición con distintas imágenes de los LabCase “Estratos y sedimentos” y “Huesos humanos. Los huesos hablan”; así como con alumnos y educador manipulando su contenido.

Fuente: grupo de investigación DHiGeCs.

Otro kit está dedicado a plantear hipótesis sobre el pasado prehistórico en base a la resolución de cálculos aritméticos de volúmenes, superficies y proporciones matemáticas. En este caso se parte de réplicas de los grandes recipientes cerámicos de almacén de un yacimiento arqueológico cuyos originales se exhiben en el Museu de Lleida –Lleida, España- y del cual hay abundante información arqueológica. Mediante un test sobre presencia de almidón se determina el contenido de una gran vasija y a partir del mismo se inician los cálculos econométricos planteando preguntas: ¿cuántos kilos de pan pueden fabricarse con el volumen de harina que almacena cada uno de estos grandes recipientes? A partir del cálculo del volumen de uno de los recipientes de la caja –de unos 70 litros- se les informa que un litro de harina equivale 1000 cm<sup>3</sup>,

y pesa 1,7 kg; con ello pueden calcular los kilos de harina que cabe en el susodicho recipiente. Con ello, se plantea a los estudiantes que, si conociéramos los diversos porcentajes de harina, agua y grasa que intervienen en la elaboración del pan, podríamos calcular cuántos panes se pueden fabricar con el contenido de harina de cada recipiente; una vez resuelto este cálculo de proporciones, el problema puede seguir, intentando saber cuántos días podrían tener asegurado el sustento de pan los moradores de una de las casas del yacimiento, si sabemos el número de recipientes existentes en la casa hace tres mil años. Y finalmente podríamos calcular cuantas hectáreas de cereal mínimas deberían sembrar los habitantes de la aldea para asegurar el sustento de todas las familias documentadas a través de sus casas. Obviamente este tipo de problemas de cálculo se basa siempre en el planteamiento previo de hipótesis como, por ejemplo, ¿cuántos miembros forman una familia? ¿Cuántas familias hay en el poblado? ¿Cuánto tiempo les podrían durar sus reservas de cereal? ¿Cuánto cereal deberían guardar como simiente para la próxima siembra?

Hay otro kit compuesto por réplicas anatómicas de huesos humanos de personas jóvenes y ancianas, hombres y mujeres. Pretende mostrar la metodología de los análisis de dimorfismo sexual, edad, altura y otras características físicas a partir de los huesos humanos. Con él nos planteamos: ¿los huesos hablan? ¿Qué podemos saber a partir de un cráneo humano? ¿Le podemos preguntar si perteneció a un hombre o una mujer? ¿Nos puede decir a qué edad murió? ¿Qué más puede decirnos? Para la didáctica, es muy importante enseñar no solo lo que se sabe del pasado, sino, sobre todo, cómo se sabe. Así, cuando un arqueólogo o arqueóloga encuentra un cuerpo humano o parte de él en una excavación, como por ejemplo, un cráneo, y afirma: “Probablemente fue una mujer”, o bien, “Parece que perteneció a una persona joven”, ¿cómo lo sabe? ¿En qué se fija? Este es el objetivo del LabCase. Finalmente hay un LabCase cuyo objetivo es comprender los conceptos de átomo y de isótopo, así como el funcionamiento estructural del método de datación por radiactividad. Es quizás el más complejo de todos, dado que permite adentrarnos en la física atómica.

### *3.4 El método de análisis de los LabCase*

Los LabCase, una vez contruidos y testados, fueron transportados al Museu de Lleida, que contiene una buena colección arqueológica y, como hemos mencionado, algunos de los kits se referían al territorio leridano. En el museo se realizó una completa formación de los técnicos educadores que debían realizar la experimentación; los formadores eran miembros del equipo que diseñó los LabCase y había un experto en física, un arqueólogo y didactas.

El análisis de los LabCase por parte de alumnos de ESO se estructuró a partir de la realización de un cuestionario pre-test; seguido de la interacción con los LabCase y la conexión con la sección del museo con la que se conectaba el kit, y finalizó con una acción post-test. Con la finalidad de evaluar el material y poder verificar su eficacia se diseñaron algunas herramientas de

diagnóstico de los aspectos didácticos de los kits –los cuestionarios pre-test y post-test-, que fueron diseñadas para ser administradas por una plataforma digital de mandos de respuesta – tipo *clicker*-, que suelen mejorar la eficiencia en la administración de las tareas. La herramienta de diagnóstico consistió en la selección de 50 imágenes de entre un grupo de 400 y que abarcan todos los elementos constitutivos de los LabCase, así como algunos referentes a temas tecno-científicos que permitieron conocer el posicionamiento de los adolescentes frente a cada una de las disciplinas escolares. Cada una de las imágenes disponía de una escala graduada en la que 1 era el mínimo y 6 el máximo, con emoticones para mayor claridad.

### 3.5 Resultados de la experimentación

La experimentación se realizó en la sede del Museu de Lleida desde el 15 de noviembre al 23 de diciembre de 2016; en total fueron 22 grupos de alumnos de entre primero y cuarto de ESO de colegios privados e institutos públicos, repartidos en 23 sesiones, y el número de alumnos fue de 469. Los centros educativos elegían previamente los kits que querían utilizar en función de sus necesidades. Las sesiones se realizaron en presencia de los profesores de cada grupo de estudiantes. Dadas las limitaciones de espacio, vamos a hacer referencia a la experimentación con 4 de los LabCase: el del metal (2 kits), el de los huesos humanos y el de los huesos de animales, puesto que fueron los tres más trabajados por los grupos participantes.

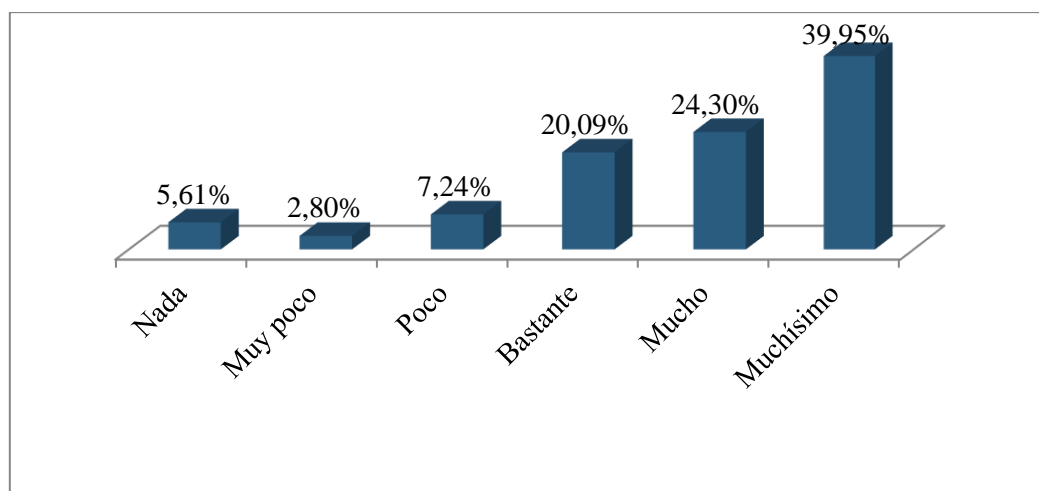


**Figura 2** - Composición del LabCase sobre fundición de metal: la maleta cerrada, su componentes, el producto de la fundición en su molde y un ejemplo de su uso con los elementos de protección.

Fuente: grupo de investigación DHiGeCs.

El kit sobre el metal tiene como objetivo profundizar en los conceptos de núcleo atómico, masa y molécula, y permitir conocer cómo podemos saber los elementos metálicos que contiene una aleación, así como los procedimientos elementales de la metalurgia. Consta de dos cajas separadas. La 1 está formada por una rampa de aceleración y 20 bolas metálicas de igual tamaño y aspecto, pero de diferente peso. Un cajón contiene otra rampa de aceleración con un tirador de bolas que, según su peso, al ser proyectadas en una rampa tienen trayectorias distintas, igual que ocurre con los protones en el espectrómetro de masas. La caja 2 consta de un delantal protector para chispas de fuego; dos pares de guantes de diferentes tamaños; unas gafas

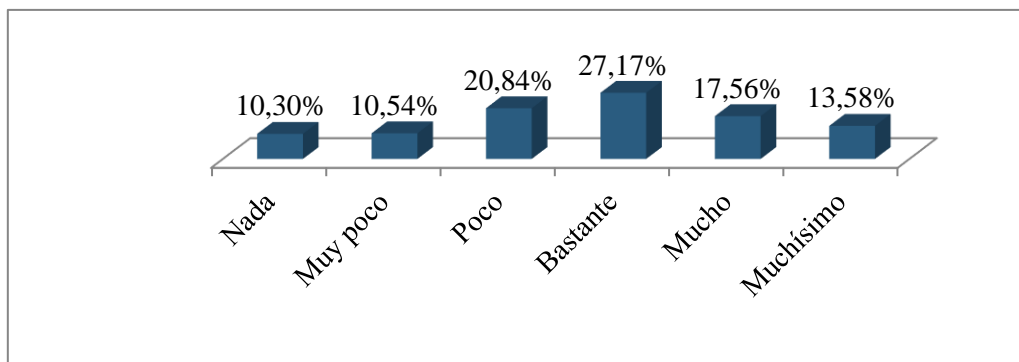
protectoras; unos alicates; un frasco de alcohol de quemar; un quemador de alcohol; una mecha de quemador; tres pequeños crisoles cerámicos; un molde para metal; una tira de cuero para sujetar el molde; un apoyo para el quemador; un soporte para el crisol, y algunas barras o lingotes de metal para fundir. Las dos cajas se pueden trabajar por separado; la 1 es para conocer cómo funciona el espectrómetro de masas, mientras que la 2 es para conocer cómo se hacía un objeto metálico en las sociedades primitivas. Para utilizar este kit, los alumnos previamente han de protegerse, a continuación activan el encendedor con el alcohol y la mecha y colocan un fragmento de metal en el crisol; esperan unos 3 minutos para obtener metal líquido. Con lentitud hay que derramar el metal dentro las dos valvas del molde atadas con la tira de cuero. Luego hay que dejar enfriar el metal 3 minutos. Finalmente se desata el molde y se separan las dos partes, siempre con los guantes puestos. De esta forma se habrá obtenido una réplica exacta de un objeto encontrado en los yacimientos de la Edad de Bronce de Lleida y que previamente los alumno han visto en el museo.



**Gráfico 1.** ¿Cuánto te gusta poder experimentar el proceso de la fundición de metal?

Fuente: trabajo de campo

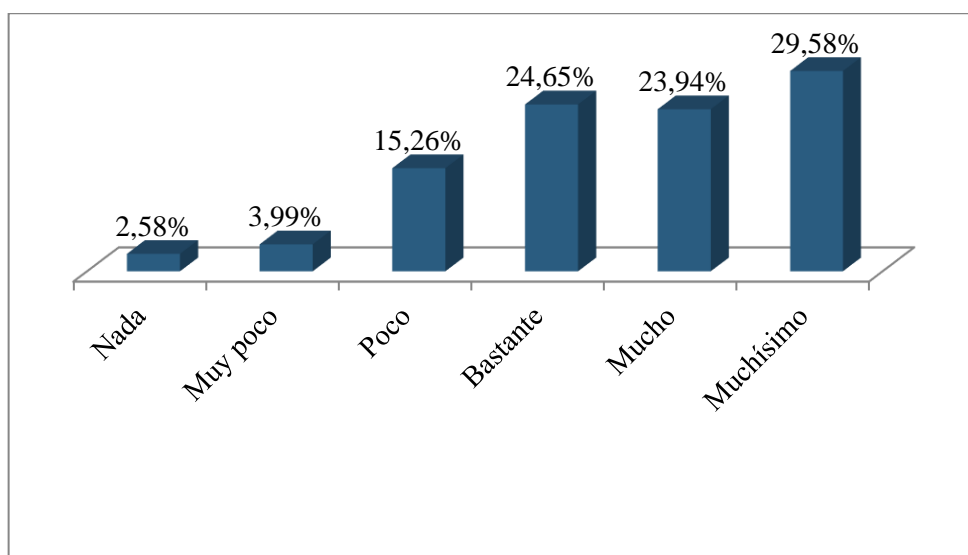
La experimentación con el kit de fundición del metal fue de las más exitosas, y el alumnado mucho respeto y cuidado en todas las fases, incluida la de protección. Como se puede observar en el gráfico 1, el kit agrada especialmente, con casi un 65% de los alumnos que opinan que les gusta mucho o muchísimo. Creemos que el carácter manipulativo del kit garantiza su éxito, así como llegar a comprender aspectos estudiados en clase de Historia, como se evidenció en un par de grupos. Además, el hecho de emplear la réplica de un molde cuyo original acaban de ver en el museo, también es un incentivo. Algunos verbalizaron que por fin habían comprendido algo que habían dado en clase pero que les generaba dudas. En cambio, como se observa en el gráfico 2, el kit que emula el funcionamiento de un espectrómetro de masas no tuvo tanto éxito. Aún así, más de la mitad del alumnado (casi un 60%) dijo que le había gustado.



**Gráfico 2.** ¿Cuánto te gusta poder experimentar con diferentes bolas metálicas para conocer su peso en función de las aleaciones?

Fuente: los autores

Respecto al kit con réplicas de restos óseos humanos tenía como finalidad reconocer edad y sexo a través del cráneo, los huesos de la cadera y el fémur. Además se pudo compaginar con la observación y manipulación cuidadosa de restos auténticos que se hallaban en el almacén del museo. El trabajo de descubrimiento que implicaba aprender las características de dimorfismo sexual y las peculiaridades de edad como método para saber leer huesos humanos apasionó a la mayoría, hasta el extremo que casi una cuarta parte de los alumnos declaró que les había gustado mucho y casi el 30% afirmaba que les había gustado muchísimo (gráfico 3).

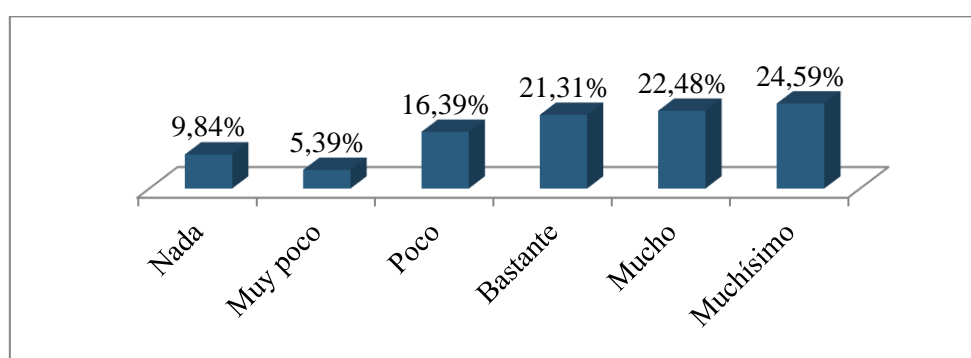


**Gráfico 3.** ¿Cuánto te gusta poder conocer la edad y el sexo de los restos óseos de un yacimiento?

Fuente: los autores



El kit de análisis de huesos de animales (en realidad quijadas con dientes y dientes sueltos, todos auténticos) tenía como finalidad identificar las especies y realizar deducciones como determinar si se trataba de animales carnívoros, omnívoros o herbívoros. Alcanzó un éxito notable a pesar del hecho que en el pre-test no habían manifestado particular interés por los temas relacionados con las ciencias naturales (la opción más votada había sido “bastante”, con un 28,10%, seguida de poco, con un 17,33%). El gráfico 4 demuestra que trabajar las ciencias naturales a partir del método, en este caso el de aprender a distinguir la dentición animal y asociarla a un tipo u otro de dieta, gana adeptos, puesto que más del 68% del alumnado dice que le agrada entre bastante y muchísimo, siendo la opción más votada “muchísimo”, con casi un 25%, seguida por mucho, con un 22,48%.



**Gráfico 4.** ¿Cuánto te gusta poder diferenciar los dientes de diversos animales?

Fuente: los autores

## 4 CONSIDERACIONES FINALES

En los países de ámbito hispanoamericano, así como en la realidad española, se da una importante desafección, como ya hemos expuesto, respecto a las vocaciones científicas entre los adolescentes, y a la vez hacia la visita a museos. De hecho, es una realidad que forman parte del grupo denominado “no visitantes” de museos, como publicó un estudio encargado por el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte del Gobierno Español:

el estudio permitió detectar la ausencia de determinados colectivos entre los visitantes de los Museos Estatales: menores de 12 años, jóvenes [los adolescentes se encuentran dentro de este grupo], desempleados, extranjeros residentes, discapacitados, mayores de 65 años. Dicha ausencia está relacionada con la carencia de programas, actividades, materiales, servicios y facilidades específicos para ellos, lo que genera barreras evidentes de accesibilidad, tanto física como intelectual. (LABORATORIO PERMANENTE DE PÚBLICO DE MUSEOS, 2012, p. 8)

Sin duda, se trata de dos tendencias que pueden revertirse, puesto que no está escrito en el ADN de los adolescentes la aberración hacia el conocimiento científico y el rechazo a los museos. De hecho, investigaciones realizadas, ponen de manifiesto que los adolescentes no

aborrecen la arqueología y las ciencias, sino el modo en que se las presentan, tanto en la escuela como en los museos.

La experiencia que aquí presentamos es una propuesta de simbiosis entre arqueología prehistórica, una disciplina que parece que disfruta de reconocimiento popular, y las disciplinas científicas cuyos métodos son imprescindibles para la arqueología y los museos y espacios patrimoniales. Dicha experiencia demuestra que algunas de las claves del éxito de esta asociación se encuentran en hacer sentir a los adolescentes protagonistas de la experiencia educativa. Ello se pone en evidencia en distintos momentos: cuando se les presentan los cuestionarios pre-test y post-test y se les informa de la importancia de su testimonio y de sus opiniones, en los kits más manipulativos, que implican mayor participación directa, y en aquellos LabCase que permiten conectar con sus conocimientos previos o con su experiencia previa, como es el caso del de los huesos de animales, en que constantemente buscaban paralelismos con sus animales de compañía o con visitas que habían realizado a granjas. En segundo lugar, también se atribuye parte del éxito de la experiencia en la incorporación de algunos elementos tecnológicos, como es el caso de los *clickers* a la hora de realizar los cuestionarios. Por último, los primeros resultados de la investigación demuestran que ante las posibilidades didácticas de los kits, reconocen que facilitan la comprensión de problemas científicos que a priori les parecían muy complicados y ello parece que muestra algún cambio de percepción hacia las ciencias por parte de algunos/as alumnos/as.

Aun cuando los resultados de esta experiencia forman parte de una investigación más compleja, lo que resulta claro es que entre los adolescentes lo más importante es que se sientan protagonistas de su aprendizaje, que sean ellos los que hagan los análisis, la manipulación o el proceso de “descubrimiento”. Finalmente, hay que mencionar que esta investigación implicaba una evaluación pre-test y otra post-actividad cuyo objetivo era verificar hasta qué punto un conjunto de actividades sobre temas arqueológicos podía modificar la percepción de los jóvenes sobre las ciencias. La comparación entre ambas evaluaciones, que se desarrollará extensamente en otro artículo, registra cambios de actitud favorables al estudio de las ciencias; ha aumentado el número de aquellos que, siendo poco proclives al trabajo científico, han cambiado su punto de vista hacia una mayor revalorización de las disciplinas y métodos científicos.

A la espera de los resultados definitivos, parece ser que hay que ahondar en las posibilidades de colaboración entre arqueología, ciencias y museos, además de estudiar más y mejor a los públicos de estas instituciones, puesto que este trabajo y otros anteriormente realizados ponen de manifiesto que los adolescentes no quieren tener la sensación que cuando van al museo no aprenden; el deseo natural es el de conocer, aprender y descubrir cosas y conocimientos nuevos. Creemos en que los museos y los espacios de presentación del patrimonio son necesarios y contribuyen en la formación de una ciudadanía realmente responsable, educada y culta. Por ello, consideramos que hay que aceptar el reto de abrir los museos, hacerlos inclusivos

y al mismo tiempo mantener elevado el rigor de la información que transmiten, 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).

## REFERÊNCIAS

ACEVEGO, Cristóbal. **Mito y conocimiento**. México, DF: Universidad Iberoamericana, 2002. 481 p. ISBN 9788479785420.

ALTAMIRA, Rafael. **La enseñanza de la historia**. Madrid: Akal, 1997 (Obra original de 1881). 360 p. ISBN 9788446008354.

CARRETERO, Mario Y LIMÓN, Margarita. Aportaciones de la psicología cognitiva y de la instrucción a la enseñanza de la Historia y las Ciencias sociales. **Infancia y Aprendizaje**, 62-63, p. 153-167, 1993.

CARRETERO, Mario Y LIMÓN, Margarita. Razonamiento y solución de problemas con contenido histórico. M. CARRETERO (Ed.). **Construir y enseñar las Ciencias Sociales y la Historia** (p. 117-139). Buenos Aires: Aique, 1997. ISBN 9788477741206.

COMA, Laia y SANTACANA, Joan. **Ciudad educadora y patrimonio. Cookbook of Heritage**. Gijón: Ediciones Trea, 2010. 320 p. ISBN 9788497045377.

COMENDADOR, Beatriz. Consumo y mass media. La imagen especular del pasado en la cultura popular. J. ALMANSA, Jaime (Ed.), **Arqueología pública en España** (pp. 115-132). Madrid: JAS Arqueología S.L.U., 2013. ISBN 9788494103032.

CHILDE, Gordon V. **Los orígenes de la civilización**. Madrid: Fondo de Cultura Económica de España, 1996 (Obra original en inglés de 1936). 335 p. ISBN 9789681601782.

DURBIN, Gail; MORRIS, Susan y WILKINSON, Sue. **A teacher's guide to learning from objects**. London: English Heritage, 1990. 36 p. ISBN 9781850742593.

GADAMER, Hans-Georg. **Mito y razón**. Barcelona: Paidós, 1997. 133 p. ISBN 9788449303630.

GALOTTI, Kathleen M. Approaches to studying formal and everyday reasoning. **Psychological Bulletin**, v. 105, n. 3, p. 331-351, 1989.

GARDNER, Howard. **La mente no escolarizada**. Barcelona: Paidós, 2013. 296 p. ISBN 8449329299.

GÓMEZ, Cosme J.; ORTUÑO, Jorge y MOLINA, Sebastián. Aprender a pensar históricamente. Retos para la historia en el siglo XXI. **Revista Tempo e Argumento**, Florianópolis, v. 6, n. 11, p. 05-27, jan./abr. 2014.

HARRIS, Marvin. **Introducción a la antropología general**. Madrid: Alianza Editorial, 1981 (7ª edición, 2007). 719 p. ISBN 9788420643236.

LABORATORIO PERMANENTE DE PÚBLICO DE MUSEOS. **Conociendo a todos los públicos. ¿Qué imágenes se asocian a los museos?** Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, 2012. 94 p. <http://www.gestorcultural.org/images/noticias/noticia227172512.pdf>

PRATS, Joaquim y SANTACANA, Joan. Trabajar con fuentes materiales en la enseñanza de la Historia. J. PRATS (Ed.), **Geografía e Historia. Investigación, innovación y buenas prácticas** (p. 11-38). Barcelona: Graó, 2011. 231 p. ISBN 8499803016.

RUIZ ZAPATERO, Gonzalo. La divulgación del pasado. Arqueólogos y periodistas: una relación posible. **PH: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico**, Sevilla, v. 4, n. 17, p. 96-99, 1996.

SALLÉS, Neus. **Classes d'història que passen a la historia**. Lleida: Pagés, 2016. 160 p. ISBN 9788499754093.

SANTACANA, Joan; ASENSIO, Mikel y FONTAL, Olaia. Inclusión en Patrimonio y Museos: más allá de la dignidad y la accesibilidad. **HER&MUS. Heritage and Museography**, Lleida, n. 17, p. 39-56, 2016.

SANTACANA, Joan y HERNANDEZ, Francesc Xavier. **Enseñanza de la arqueología y la prehistoria**. Lleida: Milenio, 1999. 224 p. ISBN 9788489790797.

SANTACANA, Joan y LLONCH, Nayra. **Manual de didáctica del objeto en el museo**. Gijón: Ediciones Trea, 2012. 128 p. ISBN 9788497046213.

SANTACANA, Joan; LÓPEZ, Victoria y MARTÍNEZ, Tània (Eds.). **La ciencia que no se aprende en la Red. Modelos para motivar el estudio de las ciencias a través de la arqueología**. Barcelona: Graó, 2017. 123 p. ISBN 9788499807553.

SANTACANA, Joan ; MARTÍNEZ, Tània y MARTÍN, Carolina. La enseñanza-aprendizaje de la historia mediante el método de problemas: entre el razonamiento histórico y la empatía. In.: S. MOLINA; N. LLONCH y T. MARTÍNEZ (Eds.), **Identidad, ciudadanía y patrimonio. Educación histórica para el siglo XXI** (p. 105-124). Gijón: Ediciones Trea, 2016. 208 p. ISBN 9788497049764.

SANTACANA, Joan y MASRIERA, Clara. **La arqueología reconstructiva y el factor didáctico**. Gijón: Ediciones Trea, 2012. 176 p. ISBN 9788497046206.

SANTACANA, Joan y PRATS, Joaquim. La Educación Patrimonial y su contribución a la educación ciudadana. L. LIMA y P. PERNAS (coord.), **Didáctica de la Historia. Problemas y métodos**, Tomo II (pp. 175-202). México: El Dragón Rojo, 2015. 283 p. ISBN 9786079297541.

SCOLARI, Carlos; BERTETTI, Paolo y FREEMAN, Matthew. **Transmedia Archaeology. Storytelling in the Borderlines of Science Fiction, Comics and Pulp Magazines**. Londres: Plgrave Macmillan, 2014. 95 p. ISBN 9781137434364.

VIANA, Israel. Arqueología y medios de comunicación. J. ALMANSA, Jaime (Ed.), **Arqueología pública en España** (pp. 95-114). Madrid: JAS Arqueología S.L.U., 2013. ISBN 9788494103032.

VOSS, James F.; PERKINS, David N. y Segal, Judith W. (Ed.), **Informal Reasoning and Education**. Routledge: New York, 1991. 498 p. ISBN: 9780805802092.

## AGRADECIMENTOS<sup>i</sup>

Este trabajo no hubiera sido posible sin la financiación aportada por la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) del Ministerio de Economía, Industria y Competitividad del Gobierno de España a través de la convocatoria de ayudas para el fomento de la cultura científica, tecnológica y de la innovación 2015. También queremos agradecer la labor realizada por todo el equipo de trabajo del proyecto “La ciencia que no se aprende en la Red. Acercar el método científico a las aulas de secundaria”: Joan Santacana, Joan Sanmartí, Víctor Revilla, Pau Senra, Vicenç Font, Carolina Martín, Nayra Llonch, Laia Coma, Tània Martínez, Víctor López-Menchero, Neus Sallés, Félix Sandoval y Victoria López; así como al grupo de investigación DHiGeCs, del que gran parte del equipo son miembros. Agradecemos al Museu de Lleida la amabilidad de prestarnos sus recursos y su espacio como campo de experimentación; en concreto a su director, Josep Giralt, y a sus educadores: Miquel Sabaté, Mariona Huguet y Esther Balasch. El agradecimiento lo hacemos extensible al resto de educadores que participaron en la implementación de los LabCase con alumnos de secundaria obligatoria: Verònica Parisi, Clara López, Dídac Curcó y Sergi Segura. Damos las gracias también al profesorado y al alumnado de los siete centros educativos de Lleida y la comarca de El Segrià (Lleida) que han participado en la investigación: Colegio Santa Anna de Lleida, Instituto de Almenar, Instituto Castell dels Templers, Instituto Joan Solà de Torrefarrera, Instituto Josep Lladonosa, Instituto Màrius Torres i Instituto Torre Vicens. Por último, pero no menos importante, damos las gracias al Centro de Recursos Pedagógicos de El Segrià por su inestimable apoyo en la difusión de la investigación, en la comunicación con los centros y en la organización del calendario de las sesiones de experimentación. Finalmente, queremos dar las gracias al profesor Moisés Selfa, por su generosidad a la hora de aceptar realizar la revisión del presente artículo, y a las profesoras Helena Pinto y Mercè Civera por su amabilidad en revisar los títulos y palabras clave, así como realizar los resúmenes en portugués e inglés, respectivamente.

---

### <sup>i</sup> Revisão gramatical sob a responsabilidade de:

Moisés Selfa Sastre - Doctor em Filologia Hispânica - **E-mail:** [mselfa@didesp.udl.cat](mailto:mselfa@didesp.udl.cat)

Maria Helena Pinto - Doutora em Educação em História e Ciências Sociais - **E-mail:** [mhelenapinto@gmail.com](mailto:mhelenapinto@gmail.com)

Mercè Civera - Licenciatura en Filología Inglesa - **E-mail:** [merce.civera@cett.cat](mailto:merce.civera@cett.cat)