

DISEÑO DE VISITAS GUIADAS PARA MANIPULAR Y PENSAR SOBRE LA CIENCIA DEL MUNDO CLÁSICO GRECOLATINO. EL TALLER "LOGOS ET PHYSIS" DE SAGUNTO

Domínguez-Sales, C.⁽¹⁾; Guisasola, J.⁽²⁾;

(1) Instituto de Educación Secundaria La Vall de Segó, Benifairó de les Valls (Valencia)

(2) Departamento de Física Aplicada. Universidad del País Vasco

[Recibido en Septiembre de 2009, aceptado en diciembre de 2009]

RESUMEN

Diferentes investigaciones científicas han puesto de manifiesto que, el aprendizaje que tiene lugar en las visitas a centros de ciencia mejora cuando éstas se han preparado con antelación y sus contenidos se encuentran conectados con el currículum del aula. En este trabajo presentamos el Taller Logos et Physis, uno de los que conforman la experiencia didáctica de los "Talleres de Cultura Clásica" de Sagunto, que pretenden acercar el mundo clásico al alumnado de forma educativa a la par que lúdica. Se desarrollan aquí los objetivos del Taller, referentes a la tutorización de un grupo de estudiantes durante el curso, el desarrollo de experiencias de los alumnos visitantes y, por último, la elaboración de una guía de visita que permita al profesorado que va a llevar a sus alumnos, preparar la visita con antelación y relacionarla con el currículum. En la segunda parte del trabajo se describe la visita de un grupo de estudiantes al Taller Logos et Physis, así como los comentarios de los mismos respecto a dos de los módulos del Taller, que muestran cómo la preparación de la visita y el uso de las guías han favorecido un mayor aprovechamiento de la misma

Palabras clave: Enseñanza de las ciencias fuera de la Escuela, Ferias de Ciencias, Visitas escolares centradas en el aprendizaje.

INTRODUCCIÓN

Nos encontramos en un momento de la historia en el que la ciencia y la tecnología impregnan completamente la vida diaria. Hoy como nunca, la población necesita disponer de una gran cantidad de conocimientos científicos para desenvolverse y tomar conciencia de los problemas que se plantean a la sociedad. Cada vez con más frecuencia necesitamos tomar decisiones para las cuales ni siquiera los especialistas poseen respuestas correctas. En un estudio sobre la educación en el siglo XXI, Edgar Morin (2000) afirma que el problema universal del ciudadano del nuevo milenio radica en la posibilidad de tener acceso a la información y cómo ser capaz de articularla y organizarla, ya que, actualmente, la transmisión del saber se ofrece de forma compartimentada, separándonos cada vez más de lo cotidiano. Para adquirir

conocimientos con relación a los temas más relevantes de actualidad, el público adulto se nutre más comúnmente de la divulgación científica que realizan los medios de comunicación que de la experiencia escolar (Fensham 1999). De este modo, para Martín-Barbero (2002) los medios de comunicación significan, sobre todo, un desafío: "La escuela ha dejado de ser el único lugar de legitimación del saber, ya que existe una multiplicidad de saberes que circulan por otros canales, difusos y descentralizados. Esta diversificación y difusión del saber fuera de la escuela es uno de los mayores desafíos que el mundo de la comunicación propone al sistema educativo".

Al mismo tiempo, desde el mundo de la enseñanza se reconoce que los currículos necesitan ir más allá de las aulas, proponiendo actividades en museos y otros contextos no formales que, además de enseñar conceptos, influyen en otros dominios, como son el social, el cognitivo y el afectivo. El aprendizaje en estos contextos viene favorecido por la curiosidad de los visitantes y la positiva motivación que ejercen los diferentes temas y la forma de presentación, tan distinta a la que suele ser habitual en los centros escolares. Así pues, se considera que los centros de educación no formal, como los museos de Ciencia, ofrecen algo que no puede reproducirse en el aula y proporciona un gran potencial favorecedor del aprendizaje: la realización de experiencias usando temas reales, diversión, interactividad, posibilidad de libre elección, interacción social, etc (Ramey-Gassert, 1997).

Ahora bien, las visitas escolares en situación no formal no aseguran por sí solas el aprendizaje. La responsabilidad de conseguir la efectividad del acto educativo no se puede relegar únicamente al lugar o centro visitado ya que, aunque la inmersión en estos ambientes ricos en estímulos es muy necesaria para que el aprendizaje tenga lugar, no es condición suficiente (Feher y Rice, 1988). Para que se aprovechen realmente es fundamental que el profesorado las prepare previamente, teniendo en cuenta la importancia de su integración en el currículo y organizando la visita de forma que los estudiantes puedan alcanzar los objetivos que pretende cubrir. Si no se preparan con antelación, los estudiantes se concentran más en aspectos irrelevantes que en los aspectos centrales del aprendizaje (Rahm, 2004), con lo que la visita no ofrece el fruto que de ella se esperaría (Griffin y Symington, 1997). A pesar de que ésta es una realidad incuestionable, lo cierto es que sólo una minoría del profesorado trabaja en el aula los contenidos de las visitas antes de realizarlas (Guisasola y Morentin, 2010). Por otra parte, también es cierto que para dicha preparación son fundamentales los materiales didácticos y en la actualidad se dispone de muy pocos trabajos de elaboración de materiales didácticos que persigan este fin (Griffin y Symington, 1997; Dierking y Martin, 1997, Hewitt y Osborne 2007), aunque ya se han desarrollado algunas experiencias en este campo (Anderson, Lucas y Ginns 2003, Pedretti 2004, Guisasola et al., 2005b).

Este trabajo ofrece orientaciones centradas en el aprendizaje para guiar visitas escolares a los *Talleres de Cultura Clásica de Sagunto*. Antes de presentarlas, daremos unas pinceladas que reflejen en qué consisten estos talleres. Se trata de una experiencia novedosa de actividad en contexto no formal, que se desarrolla en la ciudad de Sagunto bajo el epígrafe general del conocimiento en el mundo grecolatino. En dichos talleres se muestra una visión global de la cultura del mundo clásico al

tiempo que se ofrece estructurada en bloques temáticos, lo que permite una mayor comprensión de los aspectos mostrados en los mismos.

A pesar de que el proyecto pueda parecer más cercano a los estudios comúnmente denominados de letras, la Ciencia no puede ni debe quedarse ajena a cualquier movimiento que trate de acercar a los estudiantes al conocimiento del pensamiento clásico, ya que, precisamente, el desarrollo de la Ciencia recibió un impulso importante con los primeros filósofos griegos, llamados *de la naturaleza* por plantearse el porqué de los cambios que observaban en la misma. Así pues, de acuerdo con un planteamiento interdisciplinar, entre los diferentes bloques temáticos se encuentra el *Taller de la Ciencia en la Antigüedad, Logos et Physis*, que amplía los objetivos del proyecto, al unir el ámbito humanístico y el científico en un único referente cultural: el mundo clásico en su totalidad. En él se subraya el hecho de que el estudio de la ciencia es sólo un aspecto más (y no necesariamente más difícil) de la cultura, lo que saldría al paso de la simplificación que supone pensar que las asignaturas de ciencias son más difíciles o que no es necesario tener conocimientos de "ciencias" para realizar estudios de "letras" o simplemente para poder opinar sobre algunos de los problemas más relevantes de la sociedad actual.

LOS TALLERES DE CULTURA CLÁSICA DE SAGUNTO

El proyecto tiene como objetivos activar y renovar la enseñanza de la cultura clásica, impulsando al alumnado a conocer y estimar el enorme legado cultural que las civilizaciones de Grecia y Roma han dejado en nuestra sociedad actual, así como acercar el mundo clásico al alumnado a través del montaje de talleres didácticos que lo recrean. Cada uno de los talleres se centra en un aspecto concreto de la cultura clásica, y es coordinado por un profesor o profesora que, ayudado por otros profesores y por un grupo de alumnos, investiga para la elaboración y desarrollo del mismo.

La divulgación del Proyecto se materializa a través del Aula Didáctica de Cultura Clásica, Domus Baebia Saguntina, ubicada en la ciudad de Sagunto, donde se ofrece una muestra de cada uno de los talleres. Tiene una programación establecida, según la cual a lo largo del mes se van ofertando, sucesivamente, los distintos talleres que conforman el proyecto. Para poder visitarla y participar en los mismos, sólo hay que inscribirse a través de su página web en <http://domusbaebiasaguntinacast.blogspot.com/>.

Por otra parte, una vez al año y durante una semana del mes de abril, se realiza una exposición global de todos los talleres al aire libre, ocupando cada uno de ellos un local diferente, en diversos espacios de la ciudad, transformándola en la Saguntum romana, que acoge a miles de visitantes que participan, juegan y descubren la riqueza cultural del mundo clásico. La edición de los Talleres de abril de 2009 contó con la visita de más de 15000 estudiantes de toda España, aunque fundamentalmente procedían de la Comunidad Valenciana. La participación en estas jornadas se hace mediante inscripción en la página web del proyecto (www.culturaclasica.net).

Estos Talleres han sido elaborados con absoluto rigor científico, de forma que todo lo que en ellos se ofrece es un reflejo fiel de la vida y la ciencia en el momento histórico que representan. Ello no impide que la intención didáctica que los anima se ofrezca de

forma lúdica, puesto que ver, tocar, aprender, se convierten en objetivos fundamentales de la visita. Hasta el momento, se han desarrollado los siguientes:

- *Arcana Antiqua*, taller de magia y adivinación donde se puede descubrir el papel de la magia y la brujería en la Antigüedad, los daimones y los fantasmas. Para ello se estudian los distintos tipos de magia, las palabras mágicas, los ensalmos curativos, amuletos, las tablillas de maldición, el vudú, oráculos de adivinación, astragalomanía, las suertes y oniromancia.
- *Ars Cosmética*, taller de higiene y cosmética. Acercarse a la vida cotidiana en la antigüedad desde la perspectiva de la higiene y el aspecto físico (cremas, perfumes, peinados), apreciando mediante imágenes, objetos y textos clásicos la preocupación de los antiguos por la apariencia física e incidiendo en similitudes y diferencias con el mundo actual.
- *De re coquinaria*. Taller de cocina romana. La idea principal es sumergirse en un mercado romano y en una cocina de la época, con sus utensilios, sus alimentos, sus técnicas de conservación y cocinado para reflexionar sobre costumbres alimenticias e higiénicas de la antigüedad clásica.
- *Fibulae*, taller de indumentaria grecorromana. Se muestra la simplicidad y complejidad, a la par, del atrezzo de los antiguos griegos y romanos. Al mismo tiempo se realiza un estudio, no sólo de sus vestidos sino también de los peinados, calzado, aderezos, etc.
- *Incipit titivillus*, taller de epigrafía y caligrafía. Se trata de un viaje por los sistemas de escritura a lo largo de la historia y de la escritura en el mundo romano. En este periplo se pueden realizar prácticas de epigrafía con martillo y cincel, elaborar tintas e instrumentos de escritura y escribir sobre diferentes soportes (papiro, pergamino, cera, plomo, madera, arcilla).
- *Ludi Mythologici*. Ludoteca mitológica. El taller de mitología nos introduce en un mundo legendario donde los dioses son los protagonistas y nos enseñan el sistema solar, los planetas y sus satélites, las metamorfosis de Zeus, el origen del universo, etc.
 - *Ludi romani*, taller de juegos que acerca el mundo infantil romano a los estudiantes que, al realizar las diferentes actividades descubren que se encuentran muy cercanos al mismo pese a los muchos siglos que los distancian.
 - *Tempore Capto*, taller del tiempo. Se ilustra sobre la necesidad que desde antiguo ha tenido el ser humano por medir y comprender el tiempo, como un instrumento para conocer la antigüedad clásica y su legado en la actualidad.
 - *Tessellae*, taller de mosaicos. A través de un recorrido histórico por este arte decorativo, se explica el proceso y las técnicas de su elaboración en la antigüedad y se ofrecen instrucciones para la fabricación de un mosaico a partir de barro para manualidades. Se puede contemplar una gran variedad de mosaicos y reproducciones de piezas originales del mundo clásico.

- *Logos et Physis*, taller de la ciencia en el mundo grecolatino. Su objetivo es conocer diversos aspectos del conocimiento científico en el mundo clásico y relacionarlos con técnicas e instrumentos que se utilizan en la actualidad.

Aunque los objetivos generales de los Talleres en su conjunto sean comunes, dado que cada taller se refiere a un aspecto concreto de la cultura clásica, posee unos objetivos específicos diferentes. En este trabajo nos centraremos en los objetivos del Taller de la Ciencia en la Antigüedad "Logos et Physis", que se desarrollan en tres niveles de actuación diferentes:

Un primer nivel de actuación se ubica en el contexto Taller-currículo y conlleva la tutorización de un colectivo de estudiantes durante todo el curso escolar. Esto implica que, bajo la dirección del profesorado, elaborarán y actualizarán las actividades que se ofrecerán en el taller. Al mismo tiempo, discutirán entre ellos su utilidad y la forma de presentarlas. Así pues, la tutorización de estos alumnos implica las siguientes acciones formativas:

- Actividades de investigación, búsqueda, elaboración y/o restauración de piezas durante las clases de tecnología, educación plástica, cultura clásica, laboratorio de ciencias naturales o laboratorio de física y química.
- Colaborarán en la preparación de explicaciones, cuestiones, comentarios,... que se han de ofrecer a los visitantes para facilitar la comprensión de los módulos que se exponen.
- Durante los días en que los talleres se ofrecen al público, serán asignados como monitores en las distintas actividades, siendo los encargados de invitar a los visitantes a participar en las mismas, explicar en qué consisten, cómo se manejan, cuál es su utilidad, así como responder a las dudas y cuestiones que los mismos les planteen.

El segundo nivel de actuación se refiere a los alumnos visitantes, que se enriquecen con la interacción y desarrollo de experiencias en los diversos talleres, eligiendo las actividades que les parecen más atractivas o aquellas que han preparado previamente en clase, al tiempo que comentan con sus compañeros y profesores aquello que han visto o utilizado. Un aspecto fundamental del taller es la total interactividad de los módulos, que ofrecen la posibilidad de variar las condiciones para alterar el comportamiento del fenómeno y permitir una mayor comprensión del mismo, demandando una respuesta a cada actuación. Con ello se pretende que generen opiniones propias con una base científica sobre los diferentes objetos que han tenido ocasión de utilizar.

El tercer nivel de actuación va dirigido a proporcionar al profesorado una guía de la visita para que puedan conocer de antemano las actividades del Taller y seleccionar prioritariamente aquellas que estén más relacionados con los contenidos del currículo. Cada Taller posee sus propios cuadernos didácticos, que pueden ser descargados de la página www.culturaclasica.net, lo que permite que puedan ser trabajados en clase como actividad previa a la visita.

A partir de aquí, nos vamos a referir concretamente a este tercer nivel de actuación para el Taller de la Ciencia en la Antigüedad "Logos et Physis".

DISEÑO DE VISITAS ESCOLARES CENTRADAS EN EL APRENDIZAJE. APLICACIÓN A LA VISITA AL TALLER “LOGOS ET PHYSIS”

Para el diseño de visitas escolares al taller hemos utilizado el marco teórico “Visitas Centradas en el Aprendizaje” diseñado por Guisasola y colaboradores (Guisasola et al 2005a; Guisasola et al 2005b; Guisasola et al. 2007; Guisasola et al. 2008) y que surge como resultado de una profunda revisión de tres tipos de fuentes de información. En primer lugar, la bibliografía sobre utilización de los Museos de Ciencia, que ayuda a soslayar las diferencias entre aprendizaje formal y no formal, ofreciendo indicaciones sobre un conjunto de principios coherentes para una buena práctica docente en las visitas escolares a museos de ciencias. Al mismo tiempo permite una cierta simbiosis entre ambos aprendizajes, lo que enriquece el aprendizaje perseguido, ya que propone una enseñanza formal, estructurada y evaluadora en un contexto no formal, de carácter colectivo, voluntario, que requiere usar la imaginación y no es evaluado.

En segundo lugar, se han revisado los resultados de investigaciones sobre la utilización de museos de Ciencias como instrumentos de aprendizaje y, por último, se ha tenido en cuenta la teoría constructivista del aprendizaje, que nos lleva a hacer del profesor un facilitador del aprendizaje, que trata de estimular la curiosidad y promover el cambio de ideas previas a ideas científicas (Gil et al., 2002).

Partiendo del marco didáctico que acabamos de citar, con el objetivo de ayudar al profesorado antes, durante y después de la visita escolar, nos proponemos elaborar materiales que estarán orientados por tres principios:

- 1) Integrar el aprendizaje en la Escuela y en el Museo;
- 2) Orientar a los estudiantes hacia el desarrollo y contrastación de sus propias ideas;
- 3) Facilitar estrategias de enseñanza apropiadas para el contexto del Museo.

El primer principio parte de reconocer la diferencia entre el contexto escolar, donde se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje habitualmente (currículo, organización del aula, horarios rígidos, etc.) y el contexto del museo. La bibliografía sobre visitas escolares a Museos muestra que, para crear unas condiciones óptimas de aprendizaje es fundamental marcar unos objetivos concretos de aprendizaje. Esto se favorece integrando la visita al Museo o centro educativo en el programa de estudios, para estimular conexiones entre las experiencias en la visita y lo que sucede antes y después en la clase.

Así pues, los recursos de apoyo a las visitas escolares no deben estar pensados sólo para la visita al museo, sino también para su utilización en clase (Falk y Dierking 1992 y 2000; Ramey-Gasset, 1997). Por ello, es importante que el profesorado disponga de recursos que faciliten la preparación de la visita y permitan orientar el aprendizaje de sus estudiantes hacia aspectos relevantes de los fenómenos naturales que se exponen (Griffin y Symington, 1997; Dierking y Martín, 1997).

El segundo principio se basa en un conjunto de resultados aportados por la investigación empírica sobre enseñanza aprendizaje de las ciencias en contextos no formales, que nos lleva a considerar los siguientes aspectos en las estrategias de enseñanza:

- Implicar activamente a los estudiantes en las tareas, proponiendo actividades que les involucren y motiven, para aprovechar la "naturaleza interesante" de los museos.
- Proponer tareas de trabajo colaborativo o en grupo y con adecuado potencial de discusión. Respecto a este punto es necesario señalar que el "trabajo en equipo" no lleva inevitablemente al aprendizaje conceptual. En las actividades de la visita se debe estimular a los grupos de estudiantes para que realicen su propia 'indagación' en base a la información que tienen sobre las preguntas planteadas en clase antes de la visita y en base a las hipótesis que han formulado.
- Tareas para fomentar el interés y la curiosidad: Las visitas a museos ofrecen oportunidades únicas de experimentar u observar en directo objetos y fenómenos. Estas oportunidades pueden ser una de las razones por las que las visitas a museos son intrínsecamente motivantes.

Por su parte, en este contexto, el profesor permitirá que los estudiantes realicen su propio itinerario, se moverá entre ellos, se interesará por sus descubrimientos, les formulará preguntas que les estimule a profundizar en la información que ofrecen los paneles...

El tercer principio se basa en considerar la necesidad de estructurar la propia visita para desarrollar las actividades. Conviene tener en cuenta el impacto de la novedad o lo desconocido en el comportamiento y aprendizaje, así como limitar el tiempo de duración para evitar que los alumnos se aburran o pierdan el interés. Por ello, antes de realizar la visita, es conveniente diseñar recursos previos a la misma, para ser tratados en el aula con los estudiantes:

- El Museo, el taller,... son lugares desconocidos donde se pueden desorientar con facilidad y no encontrar aquello que buscan. Por ello, puede ser interesante que se ofrezca un mapa de la situación de los módulos que van a buscar, para que no pierdan tiempo antes de empezar a trabajar.
- Cada módulo tiene un funcionamiento diferente y unos límites de utilización. Éstos deben ser conocidos con anterioridad, bien por la descripción verbal de los mismos, bien por análisis de fotografías o esquemas, que permitan tener un conocimiento previo de aquello con lo que van a trabajar.

A continuación, mostraremos un ejemplo del marco teórico estudiado en su aplicación a la visita al Taller de la Ciencia "Logos et Physis".

A la entrada del taller los visitantes son recibidos por un alumno-monitor que, con ayuda de un cartel similar al que se muestra en la figura 1, les explica los módulos que van a encontrar en la exposición, a la vez que incide en el hecho de que, en la actualidad, cada uno de ellos hace referencia a un campo diferente del conocimiento pero en la filosofía clásica estaban interconectados como las partes de un todo, que era el conocimiento humano.

También les indica que los módulos son autónomos y que no tienen por qué ser visitados en un orden determinado, sino que pueden ir seleccionándolos al azar, para evitar molestarse entre unos grupos y otros.

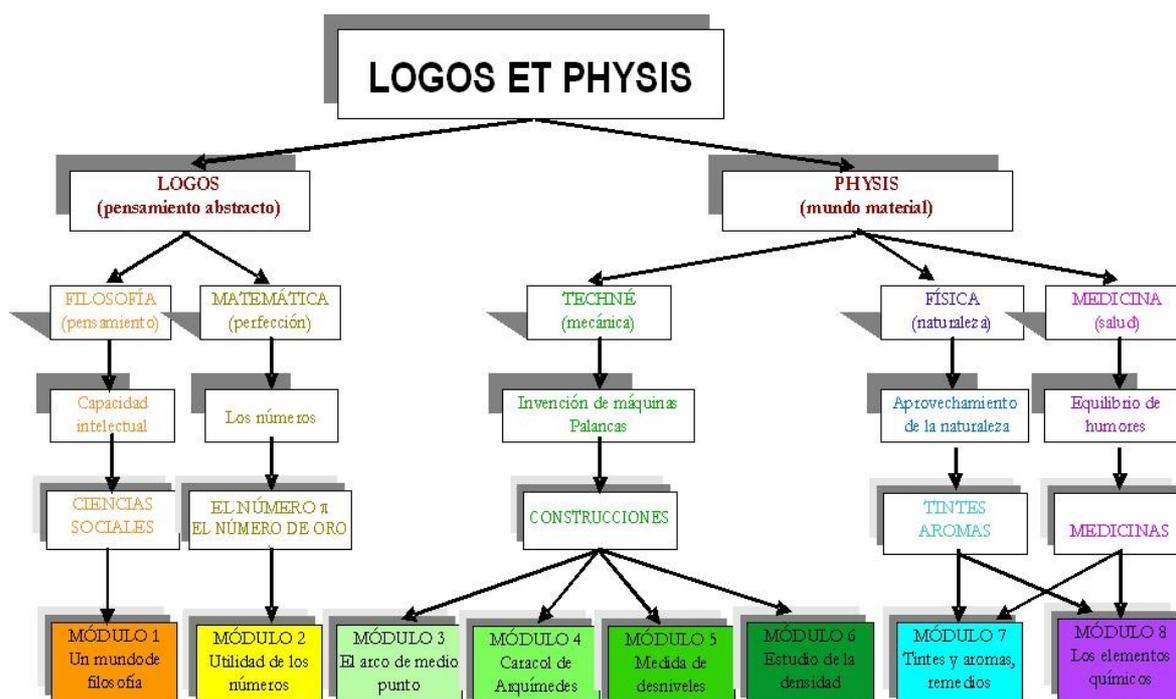


Figura 1.- Mapa general del taller.

Una vez establecida la línea general del taller, los alumnos se organizan en grupos de 5 ó 6 y se reparten por los distintos módulos. En cada uno de ellos hay un monitor (uno de los alumnos que han sido tutorizados a lo largo del curso), que explica al grupo visitante las características de la aplicación correspondiente, les indica los paneles donde se encuentra la información referente al mismo y les invita a manipular los objetos que se ofrecen. En el propio taller hay repartidas una serie de fichas similares a las de los cuadernillos, para que los alumnos anoten los datos y los resultados que vayan obteniendo. Ellos mismos pueden realizar fotografías o vídeos para comentar y ampliar después los resultados en clase.

A continuación se detalla el contenido de los diferentes módulos que componen el taller:

1. **Un mundo de filosofía:** Juego en el que los participantes han de relacionar algunos de los filósofos más importantes de la antigüedad, con las actividades que llevaron a cabo, así como su lugar de nacimiento o aquel en que pasaron la mayor parte de su vida pública.
2. **Utilidad de los números:** Descubrimiento y comprensión del significado del número pi (π) y del número de oro (ϕ), así como su aparición y utilización en la vida cotidiana, en la biología y en el propio cuerpo humano. Análisis del significado de los números (del 1 al 10) según la filosofía griega.
3. **Medida de desniveles.** Explicación con maquetas de la forma en que los romanos medían la inclinación del terreno. Método de gran utilidad en la realización de obras de envergadura, como los acueductos, en los que había que levantar arcos en terrenos con diferentes inclinaciones. Ampliación a la utilización de la trigonometría básica para medir la altura de puntos difíciles de alcanzar.

4. **El arco de medio punto.** Construcción de un arco y comprobación de su equilibrio. Análisis de la mejora arquitectónica que supuso su descubrimiento y utilización, así como las nuevas posibilidades que ofrecía para la construcción. Estudio del equilibrio de fuerzas que se produce en las dovelas.
5. **Mecánica.** Estudio de diversas máquinas de utilidad en el desarrollo de actividades diarias:
 - El caracol o tornillo de Arquímedes, con importantes aplicaciones como extraer agua de pozos o zonas del río inalcanzables, eliminar el agua del interior de los barcos, subir grano,...
 - Importancia del uso de las palancas, como mecanismo para multiplicar la fuerza. Estudio de la palanca de primer género.
 - Las poleas y polipastos. Ventajas de su utilización y aplicación práctica.
6. **Estudio de la densidad:** posibilidades prácticas que ofrece la comprensión del concepto de densidad, como el reconocimiento de un material o la fabricación de artefactos que suben y bajan a voluntad en el seno de un líquido (mecanismo que utilizan los peces y los submarinos). Estudio práctico del principio de Arquímedes.
7. **Tinturas y aromas.** Estudio de algunas de las plantas que se utilizaban en la antigüedad clásica para resolver problemas de salud, preparar aromas y tinturas para la ropa. Reconocimiento de las mismas y relación con sus propiedades y sus usos.
8. **Elementos químicos:** Exposición de los elementos químicos que se conocían en la antigüedad y su ubicación en la tabla periódica actual. Relación de los nombres de los elementos con las etimologías griega y latina. Juegos con los elementos y su etimología.
9. **Juegos de lógica** para practicar el uso de los números romanos, crucigramas, sopa de letras y juegos de ingenio.

MATERIALES PARA LA VISITA ESCOLAR A LOS MÓDULOS DEL TALLER

El uso previo del material permite trabajar con los estudiantes siguiendo el modelo teórico descrito, contextualizando las actividades que se realizarán con el estudio de una unidad didáctica sobre el estudio de los líquidos, el concepto de densidad y el principio de Arquímedes. Para ello vamos a utilizar dos ejemplos: en el primero estudiaremos la utilización del "tornillo de Arquímedes" y en el segundo, a partir de una sencilla experiencia con un ludión, explicaremos el principio que lleva el nombre del mismo filósofo.

Primer Módulo: El tornillo de Arquímedes

Antes de la visita al Taller

Un aspecto importante que ayuda a conseguir una enseñanza significativa es la introducción de contenidos que permitan al alumnado relacionar lo que están aprendiendo con el mundo en el que viven. Para ello, es muy conveniente que, antes de la visita, se dé a los alumnos unas pinceladas sobre el momento histórico en el que

se desarrollaron los mecanismos que van a manejar, para lo que se les puede ofrecer la siguiente lectura:

“Arquímedes fue el mayor filósofo de su tiempo. Se dedicó a estudiar numerosos aspectos teóricos, pero al mismo tiempo estuvo muy interesado en resolver los problemas prácticos que plantea la vida diaria, cosa que antes de él nadie había hecho. Los matemáticos griegos, como Pitágoras, Tales, Euclides y otros, consideraban las matemáticas como una entidad abstracta que permitía estudiar el orden majestuoso del universo, pero sin utilidad práctica. Además, consideraban estas cosas propias de mercaderes y esclavos. En Alejandría, Arquímedes había aprendido que el científico estaba por encima de los asuntos prácticos, pero justamente eran esos los problemas que le fascinaban. Avergonzado de esta afición, nunca registró los artefactos matemáticos que inventó, pero gracias a algunos escritos hemos podido saber que ideó y estudió temas muy diferentes, como las palancas o el tornillo que lleva su nombre, con infinidad de aplicaciones; también dedujo que la capacidad calorífica del sol se podía aprovechar, estudió la utilidad del concepto de densidad y descubrió el principio hidrostático que lleva su nombre, entre otras cosas”.

A1. *¿Por qué crees que Arquímedes se avergonzaba de los resultados de sus investigaciones?*

A2. *¿Crees que hoy algún científico reaccionaría de forma similar?*

La lectura anterior puede servir para iniciar el trabajo, haciendo ver la gran diferencia entre nuestra sociedad actual y aquella en la que vivió Arquímedes (s. III aC). A continuación analizaremos el primero de los mecanismos que vamos a trabajar en el taller: el tornillo de Arquímedes.

A3. *En las ciudades de los primeros siglos de nuestra era no había agua corriente y, en muchos casos tenía que ir a buscarse al río. Pero, ¿cómo se podía coger cuando había un desnivel en el terreno y el cauce quedaba demasiado bajo para alcanzarlo desde la orilla?*

Por supuesto, se puede responder a la A3 indicando que se pueden utilizar cuerdas y cubos, pero según la orografía del terreno esto no siempre es sencillo. Por ello, el Tornillo de Arquímedes es un ingenio muy simple a la par que eficaz, para elevar el agua en estos casos. También se usaba para extraer el agua de la bodega de los barcos y en cualquier situación en la que hubiera que superar un desnivel. En la actualidad, se siguen utilizando para elevar agua y lodos en las plantas de tratamiento de aguas residuales o en algunas fábricas para elevar harina y cereales.

La figura 2 muestra tres tornillos de Arquímedes de diferentes tamaños, que se pueden manipular en el taller, así como el esquema detallado de uno de ellos, que ayuda a entender su funcionamiento.

A4.- *Indica cómo habría que colocar este instrumento en el agua para que funcione y explica el funcionamiento del mismo.*

A5.- *En el taller hay tres tornillos de Arquímedes. Habrás visto alguna vez uno como el más grande, que puedes ver en la foto de la figura 2 en primer plano ¿sabrías decir dónde y para qué se utiliza?*



Figura 2.- Tres modelos diferentes de tornillo de Arquímedes que se ofrecen en el taller y dibujo que ofrece un detalle del mismo.

En esencia, consta de un cilindro exterior (en un primer momento se elaboraba de madera, aunque con posterioridad pasaron a ser de metal o plástico, según la función a la que se dedicara), con una hélice interior que, al girar, genera un movimiento sin fin que eleva el agua. A partir de esta explicación, se solicita a los alumnos que expongan las dudas que tengan sobre el funcionamiento de este mecanismo y se les plantean algunas cuestiones, como las que se exponen a continuación:

Visita al Taller

En nuestro caso la visita se realizó con un grupo de 3º de ESO, formado por 29 estudiantes que se organizaron en 5 grupos. Durante la misma, se les facilitó un cuaderno de trabajo en el que se encontraban las cuestiones que se indican más adelante y que ellos habían de contestar. Para ello, antes de manipular el tornillo de Arquímedes se les sugería una cuestión (A6), que les obligaba a emitir sus propias hipótesis, para dar explicación a un supuesto que se les planteaba.

Después, para responder adecuadamente las preguntas, los estudiantes pueden manipular los tornillos por su cuenta con total libertad, analizar su funcionamiento, hacer subir y bajar el agua, anotar sus respuestas, preguntar a los monitores aquello que no sabían,... Mientras tanto, los profesores les estimulan a manejar los diferentes mecanismos, les hacen ver las diferencias entre ellos, les comunican observaciones de otros grupos que pueden ser interesantes para todos,...

A6.- Los dos tornillos pequeños tienen un esquema similar: un tubo interior recubierto por un tubo flexible, que se ajusta a él dando vueltas en espiral. Para que se ponga en funcionamiento, simplemente hay que dar vueltas a la manivela. Antes de manejarlo tú mismo, indica si crees que será necesario dar las vueltas en un sentido determinado, o podremos elevar el agua girando en cualquiera de los dos sentidos.

A continuación, comienza a girar la manivela. ¿Habías respondido correctamente? ¿Por qué crees que ha de ser así?

A7.- Los dos tornillos más pequeños tienen un tubo interior del mismo diámetro, recubierto por un tubo flexible. La diferencia entre ambos radica en la cantidad de vueltas del tubo exterior. Obsérvalos y responde a las siguientes cuestiones:

- a.- *¿Todo el tubo exterior se llena de agua?*
- b.- *¿En cuál de los dos tornillos sube más rápidamente el agua al principio? ¿Por qué?*
- c.- *¿Al dejar de girar el tornillo, se descarga de agua? ¿Por qué?*
- d.- *¿En cuál de los dos tornillos se queda más agua? ¿Por qué?*
- e.- *¿Cuál de los dos tornillos sube más agua?*

Después de la visita al Taller

La clase posterior a la visita al taller es el momento oportuno para poner en común los resultados obtenidos por los diferentes grupos y establecer las conclusiones pertinentes.

1. *¿Es indiferente el sentido de giro del tubo para elevar el agua o no?*
2. *¿En qué casos puede ser más interesante que las vueltas del tubo exterior estén más juntas o más separadas?*
3. *¿Es importante que no se descargue solo?*

Durante el diálogo siguiente, todos los grupos estuvieron de acuerdo en que se trata de un mecanismo ingenioso, que se puede adaptar a múltiples necesidades, ya que el que tiene más vueltas sube más agua, pero cuesta más de cargar al principio. La ventaja en todos los casos es que no se descarga por sí solo. También fue muy interesante para ellos descubrir que aún hoy en la actualidad seguimos usando un mecanismo que se inventó hace tanto tiempo. Por ejemplo en algunas granjas, para elevar granos o en las almazaras para elevar las aceitunas.

2º Módulo: Fabricación de un ludión. Principio de Arquímedes

Antes de la visita al Taller

En este caso, la motivación se realizará a partir de sucesos cotidianos en los que un fluido se desplace en el interior de otro, como puede ser el caso de los globos aerostáticos. Para comenzar el análisis del tema se puede realizar una pregunta general, como la siguiente:

A1.- Seguramente conoces la existencia de globos aerostáticos y también habrás visto desplazarse algún pez o un submarino dentro del agua. Tanto el globo, como el pez o el submarino pueden subir o bajar a voluntad en el seno del fluido en que se encuentran. ¿Nunca te has preguntado cómo lo hacen?

Para poder contestar a la pregunta anterior hemos de familiarizarnos primero con el concepto de densidad, para lo que reflexionaremos sobre algunas cuestiones que planteamos a continuación:

A2.- Un trozo de hierro siempre se hunde en el agua. ¿Por qué no lo hace un barco, que en su mayor parte es de hierro?

A3.- ¿Por qué el aceite siempre flota sobre el agua, independientemente de las cantidades que mezclamos?

A4.- Toma un trozo de plastilina, haz una bola con ella y ponla en un vaso con agua. ¿Qué sucede? A continuación, coge la bola de plastilina, moldea con ella un barco y colócalo sobre el agua. ¿Qué sucede ahora? ¿Por qué crees que, en la primera experiencia, la plastilina se ha hundido y en la segunda no?

A5.- Dos objetos poseen el mismo volumen, aunque la masa del primero de ellos es de 1 kg y la del segundo, 2 Kg. ¿Crees que se trata del mismo material en ambos casos? ¿Por qué? ¿Qué los diferencia?

A6.- Explica un método práctico para medir la densidad de una bola de acero.

A7.- Una bolsa llena de papeles tiene una masa de 1 Kg. Si la comprimimos hasta que tenga la mitad de volumen que tenía al principio, ¿cómo ha variado la masa, ha aumentado o ha disminuido? ¿Y la densidad?

A8.- La densidad del agua del mar Muerto es $1'225 \text{ g/cm}^3$. Según dicen quienes lo han intentado, es difícil hundirse allí. ¿Se te ocurre alguna razón que lo explique?

A9.- Explica con tus propias palabras qué entiendes por densidad y, a continuación, deduce una fórmula para calcularla.

Una vez comprendido el concepto de densidad, es más fácil entender por qué un objeto introducido en el seno de un fluido puede ascender o descender si se modifica su densidad.

A10.- Si has visto bastante cerca un globo aerostático, te habrás dado cuenta que lleva un fuego encendido, con el que calienta el aire del interior del globo. ¿Con qué intención hace esto?

A11.- Los peces poseen una vejiga natatoria que les permite subir y bajar en el seno del líquido a voluntad. Investiga en Internet en qué consiste y como funciona.

Visita al Taller

En el Taller se ha diseñado una experiencia que muestra el mecanismo que permite la flotación. El módulo consiste en la fabricación de un ludió, que imita, de forma muy simplificada, el procedimiento que utilizan los peces, o los submarinos, para subir o bajar a diferentes profundidades. Una forma muy sencilla de elaborar uno es mediante una probeta y un tubo de ensayo, como se aprecia en la figura 4.

La monitora prepara un tubo de ensayo con una determinada cantidad de agua en su interior y lo introduce al revés (con la abertura hacia abajo) en una probeta totalmente llena de agua, procurando que quede exactamente a ras de la superficie.



Figura 3.- Monitora mostrando la experiencia a un grupo de alumnos y detalle del tubo de ensayo.

A continuación procede a ejercer presión sobre la superficie libre del líquido y se observa como el tubo desciende suavemente hacia el fondo. Al dejar de presionar, vuelve a la superficie.

Seguidamente, los visitantes son invitados a realizar la experiencia, primero con el mismo tubo que ha utilizado la monitora y, después, vaciando el contenido de éste, para que los estudiantes tengan que llenarlo ellos mismos, colocando la cantidad necesaria de agua para que el mecanismo funcione. Para que los alumnos se fijen en los detalles importantes que facilitarían la comprensión de la actividad, se les plantea una serie de cuestiones a las que han de responder:

A1.- ¿Qué ocurre si el tubo de ensayo tiene poca agua en su interior? ¿Y si tiene mucha? ¿Qué cantidad de agua hay que colocar para que el mecanismo funcione bien?

A2.- Intenta realizar la experiencia sin que la probeta esté totalmente llena de agua. ¿Qué ocurre en este caso? ¿Por qué es necesario que esté completamente llena?

A3.- Fíjate en la altura de la columna de agua (h) en el interior del tubo de ensayo. Acércate a ella y observa su tamaño cuando otra persona presiona y cuando deja de hacerlo. ¿Qué se modifica?

A3.- ¿Qué le ocurre al tubo de ensayo cuando presionamos la superficie del líquido? ¿Qué sucede al dejar de hacer presión?

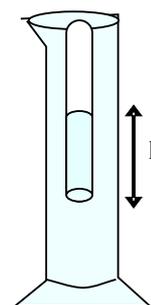


Figura 4

En este caso, el profesor también anima a sus alumnos a intentar realizar la experiencia, les recomienda que la realicen con diferentes cantidades de agua en el tubo de ensayo interior y que expliquen por qué se hunde siempre que sobrepasamos una cierta cantidad de agua en el interior del mismo. También insiste en la importancia de que se fijen en que la probeta debe estar completamente llena de agua y les pide que prueben a realizar la experiencia sin que lo esté.

Después de la visita

Esta experiencia va a permitir que los alumnos asimilen los conceptos de peso y empuje y comprendan mejor el principio de Arquímedes. Para ilustrar la utilización de los materiales diseñados, ponemos a continuación, a modo de ejemplo, las respuestas de los alumnos de uno de los autores del artículo después de la visita. La profesora pregunta en primer lugar qué sucede al presionar con la palma de la mano sobre la superficie libre del líquido:

Grupo 3: Hacemos fuerza sobre el tubo y entonces se hunde

Grupo 4: Pero para que se hunda, además de hacer fuerza, hemos de hacer presión.

Grupo 5: Sí, pero cuando el tubo sobresale mucho del agua también hacemos presión y entonces no se hunde.

Grupo 4: Porque pesa menos, solo se hundan los que pesan bastante.

Grupo 5: Entonces... si se hunde por el peso.. Si se hundiera por el peso no haría falta que hagas presión, se hunde solo...

La profesora centra entonces la atención en la importancia de observar el detalle que se les solicitaba en la A3 durante la visita al museo: la altura de la columna de agua en el interior del tubo de ensayo mientras no se presiona y posteriormente, al ejercer presión sobre la superficie del líquido.

Grupo 1: Al hacer presión se nota que entra agua dentro del tubo, lo enseñó el monitor, pero era muy poca, nosotros no lo notamos hasta que él no lo dijo...

Grupo 4: Nosotros tampoco lo habíamos notado, pero cuando él lo dijo, nos fijamos y sí que se notaba bastante...

Grupo 5: Nosotros lo repetimos varias veces para ver lo que pasaba,... cuando entraba agua, el tubo se iba al fondo y luego, al quitar la mano, no había tanta agua dentro y el tubo volvía a subir...

En este momento se entra a discutir los conceptos de peso y empuje. Para ello, se puede comenzar recordando que, cuando estamos dentro del agua, parece que pesemos menos. Teniendo en cuenta que nuestro peso es el mismo, este efecto de menor pesadez ha de ser consecuencia del empuje del agua. A partir de estos datos, se solicita a los grupos que definan ambos conceptos

Grupo 2: El peso va hacia abajo, es el que nos hace caer. Y el empuje es el que nos empuja hacia fuera del agua, como cuando hacemos "el muerto", que podemos flotar en el agua

Grupo 4: A nosotros nos lo explicó el monitor. El peso es la fuerza que lo hace hundirse y el empuje la que lo hace ascender otra vez.

Por último, se pasa a analizar ambas fuerzas en tres casos diferentes: cuando el tubo de ensayo pesa menos que el empuje, cuando pesa lo mismo y cuando pesa más. Se pide a los distintos grupos que dibujen ambas fuerzas y es en este momento cuando se produce la mayor discusión entre los grupos, ya que todos recuerdan que en el primer intento que realizaron al hacer la experiencia por sí mismos, el tubo se les hundió hasta el fondo de la probeta, pero no son capaces de hacer el dibujo solicitado.

Grupo 2: a nosotros se nos hundió el tubo varias veces, porque siempre pesaba más y tuvimos que añadir y quitar agua hasta conseguir que quedara flotando a ras del agua.

Grupo 3: Nosotros no conseguimos que subiera y bajara cuando presionábamos hasta que no estuvo totalmente a ras de la superficie.

Grupo 5: Entonces, cuando está justo a ras de la superficie es cuando el peso y el empuje son iguales, porque entonces es cuando sube y baja al presionar...

Después de la discusión, los diferentes grupos llegan con facilidad a realizar un dibujo como el que se muestra en la figura 5. Para profundizar más en la comprensión de la experiencia, la profesora repite la pregunta con la que se inició la discusión: ¿Qué pasa cuando presionamos la superficie del líquido?

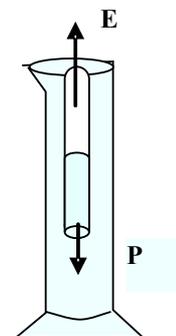


Figura 5

Grupo 1: Al presionar empujamos el tubo hacia abajo y como estaba equilibrado, se hunde con facilidad.

Grupo 2: No, lo que pasa es que al presionar entra agua adentro, así que pesa más, por eso se va al fondo.

Grupo 4: Y cuando quitamos la mano, el agua que había entrado vuelve a salir... entonces pesa menos... bueno, pesa igual que cuando no tenemos la mano puesta... entonces se vuelven a equilibrar... y sube.

Grupo 5: Sólo tenemos que ajustarlo bien para que el peso y el empuje estén equilibrados, entonces, presionando entra agua y pesa más, por eso se hunde... y luego, al quitar la mano, el agua vuelve a salir y vuelven a ser iguales... y sube.

CONCLUSIONES

Los centros de ciencias y exposiciones de talleres en contextos no formales proporcionan un amplio abanico de oportunidades para diferentes formas y estrategias de aprendizaje. Sin embargo, existen controversias sobre la dicotomía entre curiosidad y juego y la adquisición de conocimientos sobre fenómenos naturales. Si bien es cierto que la interacción social que se produce en estos contextos puede mejorar la comprensión de los fenómenos científicos experimentados, numerosas investigaciones consideran que es necesario que la visita esté preparada de antemano y se guíe a los estudiantes para acrecentar los procesos cognitivos puestos en juego durante su experiencia en el centro o exposición de ciencias.

El marco teórico en que nos hemos basado permite tener en cuenta las recomendaciones y las evidencias de numerosas investigaciones empíricas en el contexto de la educación en museos y centros de ciencias. A partir del mismo, hemos diseñado unos materiales basados en la investigación didáctica, con el doble objetivo de guiar a los estudiantes en visitas centradas en el aprendizaje y facilitar la tarea de los profesores que realizan visitas con sus estudiantes para que éstas se centren en el aprendizaje, combinando lo lúdico y lo educativo.

Estos materiales han sido diseñados para visitar el Taller *Logos et Physis*, uno de los que conforman los Talleres de Cultura Clásica de Sagunto. En el trabajo se ofrece una muestra de los mismos y se detalla la visita que realiza una de las autoras de este trabajo con sus estudiantes. Por tratarse de la misma persona que ha ideado y organizado los materiales que se ofrecen en la exposición, únicamente se ofrecen observaciones cualitativas obtenidas durante la visita, así como experiencias de puesta en común en clase después de la misma. Aunque no se pueden derivar resultados definitivos, todo parece indicar que los estudiantes llegan a entender los conceptos trabajados. Dado que no es habitual que se de una relación estrecha entre las personas que diseñan los materiales y los visitantes, consideramos que es necesario ampliar la investigación, mediante un diseño de evaluación del aprendizaje de los estudiantes más elaborado y con una toma de datos rigurosa.

Finalmente, hemos de insistir en que consideramos fundamental para el aprovechamiento de las visitas escolares a centros y exposiciones de ciencias la

preparación y planificación de las mismas. Por ello es muy importante la elaboración de material de apoyo al profesorado, al tiempo que es necesario que se realicen más investigaciones basadas en los resultados de lo que ya se ha logrado, así como evaluaciones rigurosas de los nuevos materiales diseñados. Por último, creemos que se debe seguir insistiendo en realizar campañas informativas que den a conocer al profesorado los nuevos materiales que se van elaborando, así como los beneficios de su utilización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, D., LUCAS, K.B. y GINNS, I.S. (2003). Theoretical perspectives on learning in an informal setting. *Journal on research in Science Teaching*, 40 (2), 177-199
- DIERKING, L.D. y MARTIN, L.M.W. (1997). Guest Editorial. *Science Education*, 81 (6), 629-631.
- FALK, J.H. y DIERKING, L.D. (1992). *The museum experience*. Washington DC: Whalesback Books.
- FALK, J.H. y DIERKING, L.D. (2000). *Learning from museums: Visitor experiences and the making of meaning*. Walnut Creek CA: Altamira Press.
- FENSHAM, P. (1999). School Science and Public Understanding of Science. *International Journal of Science Education*, 21(7), 155-163.
- FEHER, E. y RICE, K. (1988). Shadows and anti-images: children's conceptions of light and vision. *Science Education*, 72 (5), 637-649
- GIL, D., VILCHES, A., GONZÁLEZ, M. (2002). Otro mundo es posible: ¿de la emergencia planetaria a la sociedad sostenible? *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 16, 57-81
- GRIFFIN, J. y SYMINGTON, D. (1997). Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education*, 81 (6), 763-779.
- GUISASOLA, J., MORENTIN, M. y ZUZA, K. (2005a). School visits to science museums and learning sciences: a complex relationship, *Physics Education*, 40 (6), 544-549.
- GUISASOLA, J., AZCONA, R., ETXANIZ, M., MUJICA, E., y MORENTIN, M. (2005b). Diseño de estrategias centradas en el aprendizaje para las visitas escolares a los museos de ciencias. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 2 (1), 19-32. En línea en: <http://www.apac-eureka.org/revista>
- GUISASOLA, J., BARRAGUÉS, J.I. y MORENTIN, M. (2007). Comprensión de los estudiantes de la teoría especial de la relatividad y el diseño de una visita guiada a un museo de la ciencia. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 2-20. En línea en: <http://www.apac-eureka.org/revista>

- GUIASOLA, J., SOLBES, J., BARRAGUÉS, J.I. y MORENO, A. (2008). Students' understanding of the especial theory of relativity and design for a guided visit to a science museum, *International Journal of Science Education*, admitido para su publicación y pre-publicación en la web de la revista.
- GUIASOLA, J., y MORENTIN, M. (2010) Concepciones del profesorado sobre visitas escolares a Museos de Ciencias. *Enseñanza de la Ciencias*, 28(1), 127-140.
- MARTÍN-BARBERO, J. (2002). Jóvenes: Comunicación e Identidad. Iberoamérica – Revista de Cultura. Organização de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura e Educação. n.0.
- MORIN, E. (2000). *Os Sete Saberes Necessários à Educação do Futuro*. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO.
- PEDRETTI, E. (2004). Perspectives on learning through research on critical issues-based Science Center Exhibitions. *Science Education* 88, S1, 34-47.
- RAHM, J. (2004). Science learning in everyday life, Multiples modes of meaning-making in a science center. *Science Education*, 88 (2), 223-247.
- RAMEY-GASSERT, L. (1997). Learning Science beyond the classroom. *The Elementary School Journal*, 97 (4), 433-451.
- WAGENSBERG, J. (2000). Principios Fundamentales de la Museología Científica Moderna. *Alambique*, 26,15-19.
- DeWITT, J. y OSBORNE, J. (2007). Supporting Teachers on Science focused School Trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, 29 (6), 685-710.
- www.culturaclasica.net Página web de los Talleres de cultura clásica de Sagunto. Información sobre los talleres, actividades, material didáctico, inscripciones y visitas.
- <http://domusbaebiasaguntinacast.blogspot.com/> Página web de la casa-museo donde se ubican los talleres de forma permanente y se organizan las visitas.

DESIGNING SCHOOL GUIDED VISITS FOR HANDLING AND THINKING ABOUT SCIENCE FROM GREEK-LATIN CLASSIC WORLD. THE WORKSHOP "LOGOS ET PHYSIS" FROM SAGUNTO

SUMMARY

Different scientific researches reveal that learning taking place in visits to science centres improves when the contents shown on it are connected to the curriculum and the students have prepared them in advance. In this work we offer the Workshop Logos et Physis, which is one comprising the Sagunto's "Workshops of Classic Culture". This didactic experience tries to bring the classic world to the students in both an educational and playful way. The aims of the Workshop are here developed, focusing on the way a group of students has been trained during the term to act as a monitors of the workshops, the development of some experiences of the students visitors and, finally, the elaboration of a visiting guide which allows future visiting teachers to prepare the visit in advance and to relate the contents they are going to see to the curriculum. In the second part of the work the visit to the Workshop Logos et Physis of a group of students is described, as well as their commentaries about two of the modules of the Workshop, which show how the preparation and use of the guides have favoured a better effectiveness of the visit.

Keywords: Outdoor Science Education; Science fairs; School visits focused on learning.