

## DISEÑO DE ESTRATEGIAS CENTRADAS EN EL APRENDIZAJE PARA LAS VISITAS ESCOLARES A LOS MUSEOS DE CIENCIAS

Guisasola, J.<sup>(1)</sup>; Azcona R.<sup>(2)</sup>; Etxaniz M.<sup>(3)</sup>; Mujika E.<sup>(3)</sup> y Morentin M.<sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup>Departamento de Física Aplicada I. Universidad del País Vasco

<sup>(2)</sup>Instituto de Secundaria de Hondarribia. Guipúzcoa

<sup>(3)</sup>Lizeo Pasaia. Guipúzcoa

<sup>(4)</sup>Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad del País Vasco

### RESUMEN

*Las visitas a los Museos de Ciencias pueden constituir un complemento al aprendizaje de las ciencias realizado en la Escuela. Sin embargo, los Museos de Ciencias son entornos de aprendizaje no formal donde los profesores solemos tener poco control sobre las ideas implicadas o las experiencias que los estudiantes realizan. En el caso de visitas escolares, para que el Museo constituya un auténtico instrumento de aprendizaje son necesarios enfoques y estrategias centrados en el aprendizaje de los estudiantes más que en tareas de manipulación de módulos. Será necesario, diseñar materiales para la visita al Museo que integren el aprendizaje en la Escuela y en el Museo, que estimulen el interés y curiosidad de los estudiantes promoviendo un aprendizaje autónomo mediante trabajo en grupo orientado por el profesor. En este trabajo se explica cómo hemos elaborado estos materiales y sus principales características.*

**Palabras clave:** *aprendizaje no formal, estrategias centradas en el aprendizaje, manipulación de módulos, museos de Ciencia, visitas escolares.*

### INTRODUCCIÓN

La preocupación en los museos de ciencias por la función educativa que desarrollan es una constante desde el surgimiento de los mismos (Guisasola e Intxausti, 2000). Así mismo, la enseñanza escolar de las ciencias reconoce que los programas de ciencias necesitan del acceso al mundo más allá de las aulas y, proponen a los museos de ciencias que trabajen conjuntamente con la escuela y con los profesores para crear experiencias de ciencias adecuadas para los estudiantes. La National Science Teachers Association de EE.UU. (1998) hizo recientemente una declaración pública para apoyar los esfuerzos educativos de los museos y otros contextos educativos no formales. Se reconoce que las experiencias no formales influyen en diversos e importantes dominios, como el social, cognitivo y afectivo, de los estudiantes que las experimentan.

Los procesos de aprendizaje en contextos no formales son diferentes en muchos aspectos de aquellos asociados con la Escuela. El aprendizaje no formal se caracteriza por su libre elección y por su falta de estructuración y secuenciación, así como por su carácter abierto, social y no sometido a pruebas formales de evaluación (Ramey-

Gasset, Walberg y Walberg, 1994). Los Museos constituyen contextos no formales donde se invita a los visitantes a elegir sus experiencias, donde las ideas no siguen necesariamente una secuencia, donde el aprendizaje puede ser fragmentario y no estructurado y, se realiza principalmente de forma colectiva. El aprendizaje en contextos no formales se orienta por la curiosidad y se mantiene por el afán de superar los retos que se plantean al interactuar con el entorno.

Muchos Museos reconocen la necesidad de repartir la información de forma que esté bien conectada con los intereses, actitudes y comportamientos de sus visitantes. Se presenta a los visitantes una amplia gama de módulos y temas para que puedan seleccionar los de su mayor interés. Los Museos suelen ofrecer una amplia variación de métodos de aprendizaje: expositores tridimensionales, videos, módulos interactivos, módulos multimedia, experiencias reales manipulables, conferencias de expertos, exposiciones temáticas y talleres. Sin embargo, cuando los visitantes son escolares que acuden acompañados por sus profesores, diferentes estudios indican que no suelen disfrutar de las mejores oportunidades para aprender en el contexto del Museo (Griffin y Symington, 1997).

La bibliografía sobre visitas escolares a Museos muestra que es importante que el profesorado disponga de materiales didácticos que les faciliten la preparación de la visita y les permita orientar el aprendizaje de sus estudiantes hacia aspectos relevantes de los fenómenos naturales que se exponen. Sin embargo, muy pocos trabajos de diseño y elaboración de materiales didácticos se han realizado de acuerdo con las orientaciones indicadas (Griffin y Symington, 1997; Dierking y Martín, 1997). En el trabajo que presentamos a continuación vamos a exponer el proceso de búsqueda de alternativas que permitan elaborar materiales didácticos fundamentados en la investigación sobre aprendizaje no formal en Museos.

Uno de los más importantes lugares dentro de la Comunidad Autónoma Vasca para una enseñanza no formal de las ciencias experimentales es el Miramón-Kutxaespacio de la Ciencia situado en San Sebastián. Este Museo, abierto en el año 2001, ofrece un entorno estimulante que propicia la divulgación científica y técnica, a la vez que se presentan experiencias y fenómenos científicos de forma interactiva (Intxausti y Guisasola, 2000). Se utiliza una amplia variedad de formatos de exposición: pantallas, módulos interactivos, experimentos reales, paneles de información, videos, etc. Las clases de Primaria y Secundaria pueden visitar el Museo y seguir el programa elaborado por el profesor o pueden seguir el programa que les proporciona el propio Museo. Este trabajo trata precisamente de cómo hemos elaborado los materiales que el Kutxaespacio de la Ciencia suministra a los profesores para realizar las visitas escolares y cuáles son sus características más importantes. Estos materiales han sido realizados dentro de un programa de investigación suscrito por la dirección del Kutxaespacio y el Departamento de Física Aplicada de la Universidad del País Vasco.

## **APRENDER MEDIANTE LA INVESTIGACIÓN ORIENTADA EN LOS MUSEOS DE CIENCIAS**

Falk y Dierking (1992, 2000) en su 'contextual model of learning' enfatizan que el aprendizaje está situado en un contexto y que en ausencia de una indicación externa las asociaciones de cada individuo pueden ser no significativas. Aprender no es una experiencia que se realiza en abstracto sino en un contexto en el mundo real combinando contextos personales, socioculturales y físicos. Los Museos de Ciencias proporcionan buenas oportunidades para que la gente aprenda independientemente y a su manera. La experimentación proporciona a los visitantes escolares experiencias para reafirmar o cuestionar sus ideas y puede ayudar a dar sentido al mundo que les rodea. Gil (1993) nos recuerda que el primer paso para dar sentido a nuestro mundo es familiarizarnos con él. Plantearnos cuestiones sobre nuestro mundo viene determinado por nuestra propia experiencia y por una serie de experiencias interrelacionadas que confieren un carácter significativo al aprendizaje. Una de las contribuciones más importantes que proporcionan los Museos de Ciencias es facilitar que nos enfrentemos con 'fenómenos reales' y en muchos casos, experimentarlos en una variedad de situaciones a través de interacciones sensoriales. Así pues, los visitantes pueden aprovechar esta oportunidad para ampliar su percepción de la realidad y sus constructos mentales.

Para ayudar a los estudiantes a integrar las experiencias y entender los procesos científicos que experimentan en el Museo es necesario que ellos dispongan de tiempo para jugar y experimentar manualmente así como con sus ideas, para plantearse sus propias preguntas y después buscar respuestas adecuadas. La verdadera investigación necesita tiempo para observar y sintetizar las experiencias anteriores con las nuevas (Gil, 1993; McComas, 2000). Se necesita tiempo para recopilar datos, plantearse las situaciones, darles sentido e investigar por qué sucede. Así mismo, los estudiantes necesitan la oportunidad para reconocer que una investigación científica puede incorporar diversas fuentes de datos (de primera mano y de otros grupos de investigación). Los Museos proporcionan diferentes fuentes de experimentación e información que van más allá de las fuentes escolares. Los Museos pueden presentar la progresión de las ideas científicas a través de 'objetos reales' o de simulaciones, tales como el desarrollo de la tecnología electromagnética a través de diferentes aplicaciones técnicas o de la astronomía en un planetario.

Proporcionar a los estudiantes acceso a los procesos mediante los cuales los científicos han desarrollado nuevos conocimientos llevará a que puedan aumentar su conocimiento sobre el mundo y la ciencia. Los Museos permiten reflexionar sobre cómo obtener los datos en una investigación, así como validar, representar e interpretar las evidencias. Los propios módulos y expositores proporcionan oportunidades a los estudiantes para recopilar datos en formas diferentes a las que se llevan a cabo en un laboratorio escolar. Los estudiantes pueden realizar observaciones detalladas, comparaciones y descifrar patrones de datos. Así mismo, ellos pueden contrastar sus suposiciones y teorías mediante la observación directa. Los procesos de aprendizaje en los Museos incorporan establecer relaciones de ideas, comunicarlasy contrastarlas con preguntas relacionadas con las experiencias. Los Museos pueden

impulsar aspectos creativos de los procesos científicos como la emisión de hipótesis y el diseño de experimentos utilizando el conjunto de datos que se presentan. El Miramon Kutxaespacio de la Ciencia es un museo interactivo que proporciona oportunidades a los escolares para explorar en una amplia variedad de situaciones.

Recientes trabajos de investigación sobre enseñanza-aprendizaje en los Museos (Rennie y McClafferty, 1996; Pedretti, 2002) muestran que existen diferentes procedimientos y habilidades característicos de la metodología científica que están directamente relacionados con el aprendizaje en los Museos. Entre otros procedimientos se citan la exploración y familiarización con fenómenos y objetos, la emergencia de preguntas, la construcción de posibles vías de solución a modo de hipótesis, la comparación y análisis de datos, la construcción de patrones de comportamiento, la contrastación y validación, así como la aplicación de ideas en nuevas situaciones, recolección de información, el análisis de las evidencias de manera lógica y crítica, la comunicación de información de manera apropiada y de diferentes formas.

## **DISEÑO DE TAREAS PARA FACILITAR EL APRENDIZAJE EN LOS MUSEOS**

A la hora de diseñar materiales centrados en el aprendizaje para las visitas escolares al Kutxaespacio de la Ciencia nos hemos basado en tres fuentes de información: la bibliografía sobre la utilización de los Museos de Ciencia como instituciones educativas, las investigaciones sobre las visitas escolares a Museos de ciencias y la teoría constructivista del aprendizaje.

Numerosos autores de trabajos sobre la utilización de los Museos de ciencias para la enseñanza-aprendizaje en visitas escolares explican las diferencias entre aprendizaje formal y no formal y, cómo el aprendizaje en contexto no académico difiere del aprendizaje en el contexto escolar (Pedretti, 2002; Rennei y McClafferty, 1996). Estas diferencias, que ya se han comentado en el primer apartado de este trabajo, iluminan los desencuentros que se producen cuando se pretende realizar enfoques de enseñanza formal (frecuentemente incluye un contexto de enseñanza estructurada, evaluadora, competitiva y centrada en el aprendizaje individual) en un contexto no formal (evoca un entorno de aprendizaje desestructurado, de trabajo colectivo, voluntario y no evaluado de forma habitual).

Los resultados de las investigaciones sobre la utilización de los Museos de Ciencias como instrumentos de aprendizaje para escolares indican que: a) los profesores generalmente establecen objetivos muy generales o limitados para la visita al museo, principalmente referidos a una forma de relacionar las ciencias con el medio social y con una actividad lúdica de la clase de ciencias (Griffin y Symington, 1997) ; b) generalmente suele haber muy poca preparación de la visita y de su seguimiento en el museo, mientras que la mayoría de las investigaciones resaltan los efectos positivos de una buena preparación de la visita en el aprendizaje y actitud de los estudiantes (Gennaro, 1981; Falk y Dierking, 1992); c) se resalta la importancia de la interacción entre los estudiantes y entre ellos y el profesor (Hofstein y Rosenfeld, 1996).

Los estudios más recientes indican que el conocimiento científico se debe presentar como tentativo e hipotético para su creación y negociación, y reconocen que la empresa científica tiene un alto componente de valores y está influida por el contexto social y cultural (McComas 2000). Estas características darían lugar a un nuevo tipo de exhibiciones, las exhibiciones o módulos críticos. Es decir, exhibiciones o módulos que hablan de los procesos de la ciencia, de su naturaleza, y de la ciencia y tecnología en su contexto sociocultural (Pedretti, 2002; Gil, Vilches y González 2002).

La tercera fuente de información que hemos utilizado para el diseño y elaboración de nuestros materiales didácticos ha sido la bibliografía sobre la aplicación de la teoría constructivista del aprendizaje a estrategias de enseñanza de las ciencias. La teoría constructivista del aprendizaje indica que las ideas y comprensión de los alumnos sobre ciencias, se establecen a través de intentos por encontrar sentido (comprensión) al mundo donde viven utilizando sus experiencias, su conocimiento previo y su uso del lenguaje (Resnick, 1983; Driver, 1989). Ayudar a los estudiantes dentro de este enfoque constructivista implica que el profesor debe tener un papel de facilitador del aprendizaje más que de mero transmisor de conocimiento, estimulando la curiosidad y promoviendo el cambio de ideas previas a ideas científicas (Guisasola y De la Iglesia, 1987; Gil et al., 2002).

El constructivismo es una teoría de aprendizaje ampliamente conocida en la comunidad de investigadores en didáctica de las ciencias (Matthews, 1998) desde hace algunas décadas. Sin embargo, sólo hace unos pocos años que esta teoría de aprendizaje ha comenzado a ser mencionada en la bibliografía sobre Museos de Ciencias. Jeffery-Clay (1999) indica que los museos pueden ser los entornos perfectos para poner en práctica estrategias de enseñanza basadas en la teoría constructivista y facilitar un aprendizaje significativo. Los Museos de ciencias ofrecen múltiples experiencias sensoriales e interacciones con objetos y proporcionan la oportunidad de cambiar el significado personal de la experiencia. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el constructivismo es una teoría de aprendizaje, no una estrategia de enseñanza y que es necesario diseñar secuencias de enseñanza centradas en el aprendizaje.

En contraste con las visitas al Museo sin preparación previa o con cuestionarios centrados en tareas a cumplimentar, en nuestros materiales se proponen cuestiones centradas en las propias preguntas previas discutidas por los estudiantes con el profesor más que en preguntas sugeridas en un cuestionario realizado por el profesor y entregado a los estudiantes al comenzar la visita al Museo.

### **MATERIALES CENTRADOS EN EL APRENDIZAJE (MCA)**

Los materiales didácticos centrados en un contexto de aprendizaje Escuela-Museo (MCA) pretenden incorporar las propias preguntas de los estudiantes o el 'área de investigación' analizado previamente en el aula (Materiales para antes de la visita, Azcona et al. 2002), asegurando que los estudiantes tienen un apreciable control de la información que suministra el Museo dentro de los parámetros decididos previamente (Materiales durante la visita, Azcona et al., 2002) y fomentando el análisis crítico de las conclusiones de la

visita y la aplicación de ideas a nuevas situaciones (Materiales para después de la visita, Azcona et al., 2002). Los materiales MCA están orientados por tres principios:

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

El primer principio para crear condiciones eficaces de aprendizaje es que la visita al Museo se integre dentro del programa de la asignatura que se está estudiando durante el curso. Si los estudiantes, por ejemplo, han estudiado durante el curso la corriente eléctrica o algunas aplicaciones tecnológicas de los efectos electromagnéticos, la visita a la sala 'Chispas de Energía' del Kutxaespacio de la Ciencia constituirá una parte importante de esas unidades didácticas.

Situar la visita al Museo dentro de una o de varias unidades didácticas impartidas durante el curso o el ciclo de la ESO, contribuye a marcar unos objetivos concretos de aprendizaje. En el ejemplo propuesto, los estudiantes pueden encontrar en el museo explicaciones sobre cómo funciona una pila que produce corriente continua o cómo se genera electricidad mediante efectos electromagnéticos, se pueden plantear preguntas relacionadas con las unidades didácticas estudiadas en la Escuela y pueden ser capaces de comparar aplicaciones tecnológicas y principios científicos estudiados. En los módulos interactivos los estudiantes pueden manipular y analizar las diferentes variables que intervienen de acuerdo con preguntas previas planteadas en las unidades didácticas o bien, en el material de la visita al Museo (*Materiales para antes de la visita*, Azcona et al., 2002).

El segundo principio trata de desarrollar la autonomía de los estudiantes en su aprendizaje dentro de sus posibilidades. Se estimula a los estudiantes para que realicen su propia investigación sobre la base de la información que tienen sobre las preguntas planteadas en clase antes de la visita y sobre la base de las hipótesis que han formulado (*Materiales durante la visita*, Azcona et al., 2002). Unas interrogantes que estimulen al alumno, que no le parezcan obvias o inabordables, tienen que requerir de su inventiva, de su creatividad y de sus conocimientos conceptuales y metodológicos para la búsqueda de soluciones.

Se deben plantear de modo que requieran acciones intelectuales y operativas pertenecientes a lo que Vigotsky (1989) llama zona de desarrollo potencial del aprendiz. En el proceso de aprendizaje es posible distinguir un nivel evolutivo potencial, que se establece como resultado de procesos evolutivos cognitivos que se encuentran en proceso de maduración, y que se manifiestan a través de acciones intelectuales y operativas que un individuo puede desarrollar bajo la guía de un experto o en colaboración con otro compañero más capaz. Este nivel define una "zona de desarrollo potencial" a la que el aprendiz puede acceder si es convenientemente orientado.

Se trata de que los estudiantes trabajen en grupo y realicen análisis de propuestas y validación o refutación de las mismas de acuerdo con los procedimientos característicos del trabajo científico. De acuerdo con el ejemplo propuesto, investigar

las condiciones en que se produce corriente eléctrica en una pila de Volta y tratar de validar una explicación. Permitir a los estudiantes que hagan su propio itinerario en la sala para contestar a las preguntas previamente seleccionadas puede aumentar su interés en la visita y su autonomía de aprendizaje.

El tercer principio es orientar las necesidades ambientales de los estudiantes. Para la mayoría de los estudiantes el Museo es un entorno no familiar que les puede producir desorientación a la hora de empezar a trabajar. Es necesario que conozcan cuál es la estructura del Museo, las salas y los módulos con que trabajarán. Es conveniente disponer de materiales que faciliten a los estudiantes esta tarea mediante fotos y esquemas, así como que el profesor/a dialogue con ellos sobre la estructura y forma de los módulos. Además, una conversación previa en el aula sobre las diferentes áreas del Museo ayudará a que los estudiantes no se pierdan o pierdan el tiempo buscando las áreas de descanso.

## **DESCRIPCIÓN DE UNA VISITA A MIRAMÓN-KUTXAESPACIO DE LA CIENCIA SIGUIENDO DOS EJEMPLOS DE LOS MATERIALES DISEÑADOS**

### **Antes de la visita al Museo**

La visita al Museo comienza con su preparación en la escuela. Si tomamos dos ejemplos referidos al tema de Electricidad, antes de la visita el profesor invitará a los estudiantes a leer y luego comentar en clase la introducción a la Sala "Chispas de Energía". Se presenta una lectura en torno al apagón que tuvo lugar en la ciudad de Nueva York el 9 de noviembre de 1965. El texto (ver Azcona et al., 2002) pone de manifiesto los efectos negativos que tuvo dicho suceso en la vida cotidiana de los habitantes de la gran ciudad y sirve para cuestionar a los estudiantes sobre cómo sería nuestra vida diaria sin electricidad. Con ello se pretende atraer la atención de los estudiantes sobre la gran importancia que tiene la utilización de energía eléctrica en nuestra vida diaria.

A continuación de la lectura se indican, de forma general, cuáles son los módulos que contiene cada una de las secciones en que se ha dividido la sala (en función del tema a tratar en cada uno de ellas) de forma que los estudiantes puedan hacerse una idea de lo que van a encontrar. El profesor puede establecer con los estudiantes un itinerario de acuerdo con los objetivos de la visita. A modo de ejemplo, a continuación mostramos las descripciones que se realizan para la sección que hemos denominado 'Las cargas están al alcance de tu mano':

*En los dos módulos de este apartado –Pulgas eléctricas y Bola de plasma– te darás cuenta de que la electricidad es un fenómeno común y totalmente natural, presente en tu vida cotidiana (puede haber electricidad en tu jersey, en los papeles, en los globos...).*

*Alguna vez habrás apagado o encendido la televisión estando en manga corta. Al acercarte a la pantalla del aparato se te habrán puesto de punta los pelos del brazo. Si no te ha sucedido nunca, haz la prueba.*

*Podrás verificar en esta misma sección ese curioso hecho: es decir, que las cargas eléctricas y los fenómenos relacionados con ellas –el que acabamos de citar, por ejemplo– son parte de nuestra vida cotidiana. Citemos como ejemplo los siguientes: cuando después de peinarnos con un peine de*

plástico éste atrae o se lleva los pelos, cuando vemos un relámpago o cuando las hojas de tu cuaderno se pegan al separador de plástico... todas estas situaciones son causadas por las cargas eléctricas.

### **En el museo podrás ver...**



1. Fotografía del módulo 'Pulgas eléctricas'.

En este primer módulo –denominado *Pulgas eléctricas*– hay un gran número de trozos de papel redondos dentro de una especie de mesa, cubiertos por un plástico transparente. Los papeles se encuentran a pocos centímetros del plástico.



2. Fotografía del módulo 'Bola de plasma'

En el segundo módulo (*Bola de plasma*) tenemos –tal y como su propio nombre nos lo indica– una bola llena de plasma. Probablemente no sepas qué es el plasma. ¿Qué es el plasma? Expresado de manera comprensible y resumida, lo siguiente: una especie de gas que puede ser bastante conductor (de hecho no es un gas, pero se le parece).

La bola está llena de plasma; en el centro de la misma hay una acumulación de cargas de idéntico signo (supongamos que son cargas negativas). En la esfera exterior también hay cargas negativas en exceso, pero en menor cantidad que en el centro.

Además de que los estudiantes se interesen por el tema que van a estudiar durante la visita, los materiales diseñados indican al profesor algunos conceptos que deberían recordarse o bien tratarse en clase antes de la visita. En la ejemplificación que estamos describiendo serían los siguientes:

#### **Recuerda**

1. *Estamos estudiando las cargas eléctricas. ¿Dónde suelen encontrarse dichas cargas?*
2. *¿Son iguales todas las cargas eléctricas?*
3. *¿Hay fuerzas eléctricas entre las cargas? ¿Cómo son dichas fuerzas?*
4. *¿A qué se debe que algunas fuerzas eléctricas sean mayores o menores que otras?*



5. *¿Qué sucede si se ponen en contacto dos cuerpos que acumulan cargas de diferente signo? ¿Las cargas pasan de uno a otro, sin que importe el material que atraviesan?*
6. *¿Qué cargas se mueven habitualmente?*
7. *Tenemos dos cuerpos cargados negativamente y los hemos unido mediante un hilo conductor. ¿Pasarán las cargas de un cuerpo al otro? ¿Y si ambos están cargados positivamente?*

Como ya hemos comentado, los materiales ofrecen también la oportunidad de trabajar con los estudiantes procedimientos propios de la metodología científica. Así, se ofrecen oportunidades para que los estudiantes se planteen sus propias preguntas antes de la visita y puedan emitir hipótesis:

#### ***¿Qué ocurrirá?***

*Imagínate que te encuentras ya en el interior del museo delante del módulo 'pulgas eléctricas' y frotando fuertemente con tu jersey el plástico transparente que cubre la mesa. ¿Qué les sucederá a los trozos de papel que están debajo?*

*Al responder a esta pregunta estás exponiendo una hipótesis. Una hipótesis es la explicación lógica, de acuerdo con lo que has estudiado, que se le da a un determinado problema. Puede ser correcta o incorrecta, por lo que debemos verificarla. No recurras de momento a tu profesor para comprobar la hipótesis que has propuesto. Podrás saber si dicha hipótesis es correcta en la visita que vas a efectuar al museo*

*En el módulo de la 'bola de plasma' vamos también a intentar contestar a la siguiente pregunta: ¿crees que pasarán las cargas negativas desde el centro a la superficie exterior? ¿Se notará algún cambio?*

#### **Durante la visita al Museo**

El profesor/a y los estudiantes se reúnen en el hall de entrada y les indica en el mapa del Museo las diferentes partes del mismo (salas, paneles, lugares de ocio, planetario...). Juntos comparan los lugares del Museo y el esquema en el mapa. El profesor/a y los estudiantes pasan juntos la entrada a la primera sala del Museo, el profesor/a les estimula a que miren a su alrededor y vean las diferentes maneras en que se da información. Pueden observar módulos interactivos, paneles, experimentos reales, simulaciones por ordenador y multimedia. El profesor/a les recuerda el trabajo previo realizado en el Centro Escolar (*materiales para antes de la visita*) y cómo puede ayudarles a centrarse en la información que quieren obtener para resolver las preguntas que se han planteado en el aula o en la lección que están estudiando. Los estudiantes repasan las notas que tomaron en la discusión en el aula y el cuaderno de preguntas para el Museo.

Los estudiantes se distribuyen en pequeños grupos de trabajo (3 o 4 personas) que ya fueron establecidos durante la discusión en el aula de la problemática o tema que centraba la visita al Museo. Uno de los miembros del grupo, que actúa como secretario, lleva el cuadernillo y lápiz. Otro miembro del grupo podría llevar una cámara de fotos o de vídeo que ilustrara posteriormente las conclusiones del grupo. Los estudiantes utilizan el cuaderno de actividades en el Museo (materiales durante la visita). En la ejemplificación que estamos mostrando las ayudas serían las siguientes:

#### ***¿Qué ha ocurrido?***

*Como ya comentamos en clase, debes frotar fuertemente el plástico que cubre la mesa con el jersey (aproximadamente durante diez segundos)*



1. ¿Qué les ha sucedido a los papелitos?, ¿Se ha cumplido la hipótesis que planteaste en clase?

En el módulo de 'la bola de plasma':



2. ¿Se desplaza la carga desde el punto central a la superficie exterior?

3. ¿Qué ocurre al tocar la esfera con el dedo?

4. Cuando estés tocando la esfera, toca con un dedo de la otra mano el dedo de un compañero ¿Qué sucede?

Los estudiantes tienen autonomía para moverse en diferentes direcciones dentro de la Sala elegida. El profesor/a y el/la acompañante preguntan a los estudiantes sobre las razones de elegir un módulo u otro y sobre la marcha del trabajo que están realizando. Los estudiantes se sienten acompañados y en caso necesario ayudados por su(s) profesor(es). El profesor tiene a su disposición el libro de apoyo a los materiales en Azcona et al. (2002) Manual para el profesorado que lo distribuye el propio museo Miramón Kutxaespacio de la Ciencia.

El profesor/a se mueve entre los diferentes grupos de trabajo y trata de conectar su conocimiento con el de los estudiantes. Se interesa por las actividades de los estudiantes, les formula preguntas que les estimule a profundizar en la información que dan los paneles y a contestar a las preguntas planteadas previamente en el aula.

Después de una hora más o menos, los estudiantes comienzan a ir al área de ocio del Museo para realizar un descanso. Allí comentan con otros grupos la información que han recopilado y los avances logrados respecto a las preguntas que traían. Posteriormente se encaminan de nuevo hacia las Salas y módulos programados para terminar sus investigaciones.

Después de dos horas desde el principio de la visita, el profesor/a recuerda a cada grupo que es hora de volver al autobús. Encuentra a los estudiantes manejando un módulo

interactivo o tomando notas de un panel informativo o rellenando el cuaderno de notas. Todos ellos se preparan para mostrar, en la posterior sesión en la Escuela, la información recogida y contestar a los interrogantes surgidos.

### **Después de la visita al Museo**

El profesor/a en el aula retoma las discusiones realizadas antes y durante la visita y plantea cuestiones para contestarlas en una puesta en común de los trabajos realizados por los grupos. En la ejemplificación que presentamos se desarrollaría de la siguiente manera:

#### **¿Qué ha ocurrido?**

*Ha llegado el momento de explicar los experimentos del museo para verificar las hipótesis. Explica lo que ha sucedido utilizando el modelo de carga estudiado en clase.*

1. *¿Por qué han subido los papelitos hacia el plástico al frotarlo con tu jersey?, ¿estarán cargados los papelitos?*
2. *En el Museo habrás visto, probablemente, que a veces un papelito cuelga de otro que a su vez cuelga del plástico. ¿A qué se debe en tu opinión este fenómeno?*

El profesor/a orienta la puesta en común de los estudiantes reformulando sus aportaciones e indicando los resultados obtenidos por la comunidad científica (la teoría). Indicamos a continuación algunos ejemplos de la puesta en común realizada con estudiantes de 3 de ESO. La clase está compuesta por 21 estudiantes que están habituados a abordar situaciones problemáticas secuenciadas mediante actividades, para que puedan ser asequibles a su nivel y habilidades (Azcona et al. 1997).

*El profesor pregunta qué sucedió al frotar el plástico con el jersey y porqué (pregunta 1) y los grupos de estudiantes intervienen en la puesta en común con aportaciones como las siguientes:*

*Secretario grupo 2: al frotar el plástico se carga y atrae a los papelitos.*

*Secretaria grupo 5: al frotar el plástico se carga negativamente y atrae a los papelitos ya que cargas de distinto signo se atraen.*

*Secretaria grupo 1: al frotar con el jersey se produce un intercambio de cargas y el plástico queda cargado. Al estar el plástico cargado atrae a los papelitos.*

*El profesor centra la discusión sobre dos cuestiones. En primer lugar pregunta por qué atrae el plástico cargado a unos papelitos que, en principio están descargados. Esta pregunta desconcierta a la mayoría de los estudiantes y muchos de los grupos confiesan que no saben la respuesta, sólo un grupo se acerca a la respuesta correcta.*

*Secretaria grupo 5: no lo sabemos. Nosotros creemos que sólo se atraen cuerpos cargados con distinto signo.*

*Secretaria grupo 4: no estamos seguras, pero puede ser un fenómeno de inducción eléctrica como el del boli frotado y los papelitos que vimos en clase al trabajar la lección "¿Qué sucede al poner en marcha los electrodomésticos?. Suponemos que al estar un cuerpo cargado negativamente, el plástico, cerca de uno neutro, los papelitos, en éste último sus cargas positivas y negativas se separan, se polariza, y entonces las cargas positivas del papelito están más cerca del plástico y son atraídas por éste. El papelito se pega al plástico aunque el papelito sigue siendo neutro.*

*El profesor plantea la segunda cuestión: ¿por qué los papelitos son repelidos por el plástico?, ¿por qué hay ese movimiento de sube-baja en los papelitos?. Estas cuestiones son más fácilmente contestadas por la mayoría de los grupos. Una respuesta estándar es:*

*Secretario grupo 2: Al ponerse en contacto los papelitos con la superficie cargada negativamente se cargan también negativamente y se produce una repulsión. Después, cuando los papelitos tocan el suelo se descargan y de nuevo empieza todo el proceso.*

El fenómeno analizado es sencillo de repetir en casa o en el aula y en los materiales diseñados se propone un experimento casero (Azcona et al., 2002). Otro experimento más complejo es el de 'la bola de plasma' que es uno de los módulos curiosos de esta Sala.

*En la 'bola de plasma' las cargas que se hallan en el centro atraviesan la esfera hacia la superficie exterior, produciendo una especie de rayos.*

3. *¿Por qué se dirigen las cargas desde el punto central de la bola de plasma a la superficie exterior?*
4. *¿Por qué se dirigen los rayos, las cargas, a cualquier punto de la superficie de la esfera?*
5. *¿Y por qué se han dirigido la mayoría de los rayos, las cargas, a tu dedo al tocar con éste la superficie de la esfera?*
6. *¿Por qué tu compañero ha sentido calambre cuando le has tocado con el dedo?*

Igual que en el módulo anterior el profesor trata de estimular las respuestas de los grupos y orientar la discusión. Se debe tener en cuenta el tipo de respuesta que se puede pedir a estos estudiantes que no han visto la noción de potencial eléctrico y que, por tanto, deben construir modelos mucho más simples, aunque no incorrectos. Veamos algunos ejemplos de la clase de 3 ESO.

*Secretario grupo 3: lo de dentro de la bola tiene que ser un gas conductor, o que se polariza como el aire durante una tormenta. Entonces, como hay muchos electrones en el centro de la esfera se transmitirán a la superficie de la bola por conducción.*

El profesor admite como bueno este modelo que ya habrá tiempo en cursos superiores de perfeccionar. A continuación, él centra la cuestión en por qué al poner el dedo o la mano se dirigen hacia ella la mayoría de los rayos. En este caso también se admite un modelo explicativo simplificado para el nivel de 3 ESO. Veamos una de las respuestas estándar que los grupos escriben en sus informes y comentan en clase:

*Secretaria grupo 1: toda la esfera tiene cargas negativas, pero al poner la mano que está neutra las cargas negativas se irán por ese camino. Es como la toma de tierra de los electrodomésticos.*

En los materiales diseñados para el profesorado se puede encontrar más información suplementaria y de apoyo a las preguntas que se realizan (Azcona et al., 2002).

## **CONCLUSIONES**

Como cualquier aprendizaje, el aprendizaje que tiene lugar en los Museos, para el caso de visitas escolares, está condicionado por las ideas previas del aprendiz, la comprensión conceptual de la Ciencia, las expectativas y las actitudes. De la misma forma que en la enseñanza formal de las ciencias ya existen abundantes evidencias de que una enseñanza basada en transmitir recetas para que los estudiantes las memoricen conduce a un pobre aprendizaje, en la enseñanza no formal llevar a los estudiantes a visitar un Museo sin unos objetivos claramente programados, sin unas estrategias que permita a los estudiantes reunir información en base a un (varios) problema(s) previamente discutido(s) puede ser una pérdida de tiempo y de dinero invertidos por la Escuela en la excursión.

De acuerdo con las primeras experiencias que hemos realizado y los primeros resultados cualitativos que hemos obtenido sobre la enseñanza-aprendizaje en visitas escolares a Museos de Ciencias, la incorporación de materiales didácticos centrados en el aprendizaje Escuela-Museo (MCA) permite un mayor y mejor aprendizaje de los estudiantes sobre la ciencia y su forma de trabajar. Una evaluación más detallada de estas experiencias será el objeto de nuestros próximos estudios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZCONA, R.; ETXANIZ, M.; GUIASOLA, J. y MUJICA, E. (1997). *Ciencias de la Naturaleza. Física y Química*. 3 ESO. San Sebastián: Editorial Erein
- AZCONA, R.; ETXANIZ, M.; GUIASOLA, J. y MUJICA, E. (2002). *Chispas de Energía, manual del profesor*. San Sebastián : Miramón Kutxaespacio de la Ciencia.
- AZCONA, R.; ETXANIZ, M.; GUIASOLA, J. y MUJICA, E. (2002). *Chispas de Energía, Guía didáctica del Alumno antes de la visita, ESO y Bachillerato*. San Sebastián: Miramón Kutxaespacio de la Ciencia.
- AZCONA, R.; ETXANIZ, M.; GUIASOLA, J. y MUJICA, E. (2002). *Chispas de Energía, Guía didáctica del Alumno en el Museo y otra vez en clase, ESO y Bachillerato*. San Sebastián: Miramón Kutxaespacio de la Ciencia.
- DRIVER, R. (1989). Students' conceptions and the learning of Science, *International Journal of Science Education* , 11, 481-490
- 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*, Whashington, DC: Whalesback.
- FALK, J.H. y DIERKING, L.D. (2000). *Learning from museums: visitors experiences and the making of meaning*, Walnut Creek, CA: AltaMira.
- GENNARO, E.D. (1981). The effectiveness of using previsit instructional materials on learning for a museum field trip experience, *Journal of Research in Science Teaching* 18(3), 275-279.
- GIL D. (1993). Contribución de la historia y filosofía de la ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza /aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias* 11 (2), 197-212.
- GIL, D., VILCHES, A. y GONZÁLEZ, E. (2002), Otro mundo es posible: de la emergencia planetaria a la sociedad sostenible. Una propuesta de museo de ciencias que ayude a la reflexión sobre la situación del mundo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* 16, 57-81.
- GIL-PÉREZ, D., GUIASOLA, J., MORENO, A., CACHAPUZ, A., PESSOA DE CARVALHO, A., MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., SALINAS, J., VALDÉS, P., GONZÁLEZ, E., GENÉ, A., DUMAS-CARRÉ, A., TRICÁRICO, H., GALLEGU, R. (2002). Defending constructivism in science education, *Science and Education* 11, 557-571.
- 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. e INTXAUSTI, S. (2000). Museos de Ciencia y educación científica: una perspectiva histórica, *Alambique* 26, 7-14.
- GUISASOLA, J. y DE LA IGLESIA, R. (1987). 'Erein projektua': proyecto de ciencias para la ESO basado en la resolución de situaciones problemáticas, *Alambique* 13, 83-93.
- HOFSTEIN, A. y ROSENFELD, S. (1996). Bridging the gap between formal and informal science learning, *Studies in Science Education* 28, 87-112.
- INTXAUSTI, I. y GUISASOLA, J. (2000). El museo interactivo de la ciencia de San Sebastián, *Alambique* 26, 61-63.
- JEFFERY-CLAY, K.R. (1999). Constructivism in museums: How museums create meaningful learning environments, *Journal of Museum Education* 23(1), 3-7.
- McCOMAS, W.F.(2000). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En W.F. McComas (ed.) *The Nature of Science in science Education Rationales and Strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 53-72.
- MATTHEWS, M.R. (1998). *Constructivism and Science Education: A Philosophical Examination*, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- NATIONAL SCIENCE TEACHERS ASSOCIATION (1998) *Science for all Americans*. Washintong, DC: NSTA.
- PEDRETTI, E. (2002). T. Kuhn meets T. Rex: Critical conversations and new directions in science centres and science museums, *Studies in Science Education* 37, 1-42.
- PRINCE, S. y HEIN, G.E. (1991). More than a field trip: Science programmes for elementary scholl groups at museums, *International Journal of science education* 13(5), 505-519.
- RAMEY-GASSERT, L., WALBERG, H.J.,III, y WALBERG, H.J. (1994). Reexamining connections: Museums as science learning environment, *Science Education* 78(4), 345-363.
- RENNEI, L.J. y MCCLAFFERTY, T. (1996). Science centres and science learning, *Studies in Science Education* 27, 53-98.
- RESNICK L.B (1983). Mathematics and Science Learning: a new conception. *Science*, 220, pp. 477-487.
- VARELA C. y STENGLER E.(2004). Los Museos interactivos como recurso didáctico: El Museo de las Ciencias y el Cosmos, *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencia,s* 3(1). En línea en: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>
- VYGOTSKY, L.S. (1989). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*, Barcelona: Editorial Crítica.