

¿QUÉ PAPEL TIENEN LAS VISITAS ESCOLARES A LOS MUSEOS DE CIENCIAS EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS? UNA REVISIÓN DE LAS INVESTIGACIONES

GUISASOLA, JENARO¹ y MORENTIN, MAITE²

¹ Departamento de Física Aplicada. Universidad del País Vasco

² Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales. Universidad del País Vasco

tepmopam@lg.ehu.es

maite.morentin@ehu.es

Resumen. El propósito de este trabajo de revisión bibliográfica es examinar el debate actual sobre el papel educativo que tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias. Nosotros situamos este debate dentro de la línea de investigación de la enseñanza de las ciencias en contextos no formales y en la propuesta de investigación sobre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) y sobre naturaleza de la ciencia (NC). Empezaremos nuestra revisión distinguiendo diferentes categorías en los museos de ciencias. A continuación nos centraremos en las investigaciones realizadas en los museos interactivos de ciencias que es la categoría de MC mayoritaria tanto en España como en el ámbito internacional. Estas investigaciones incluyen aprendizaje de las ciencias en contextos no formales, diferentes enfoques de aprendizaje, análisis de visitas escolares a museos y diferentes propuestas para mejorar el aprendizaje en MC. Para finalizar, comentaremos las implicaciones didácticas para la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave. Enseñanza no formal, museos de ciencia, revisión de investigaciones.

What is the role of school visits to museums in the learning of sciences? One review of the researches

Summary. The purpose of this study is to examine the present debate about the educational role that visits to science museums have for the understanding of sciences at school. We place this debate in the research line of science teaching in informal settings, and we enclose it in the proposal of Science/Technology/Society/Environment and Nature of Science. We will start this review with a brief comment on the different types of science museums; then, we will analyse the research conducted so far in interactive science museums, which are the most numerous nowadays, both in Spain and abroad, with special attention to the learning of sciences in out-of-school contexts, different ways of learning, the analysis of these visits to museums, and different proposals for improving this learning. Finally, we will comment on the educational implications of these results in the teaching of sciences.

Keywords. Informal teaching, science museums, review of researches.

INTRODUCCIÓN

En las últimas tres décadas ha habido un gran aumento en el número de museos y centros de ciencia inaugurados, desde los primeros museos de la ciencia y la tecnología de los años sesenta, hasta su proliferación en la década de los ochenta y, concretamente en España, a partir de 1986 en que se inauguró el Museo de la Ciencia de Barcelona. Este crecimiento ha llevado a que la investigación en enseñanza de las ciencias haya puesto su atención en la importancia de los museos para el aprendizaje de las

ciencias. A partir de 1983 en la revista *Studies in Science Education* han ido apareciendo excelentes revisiones bibliográficas sobre la enseñanza de las ciencias en contextos no formales y la importancia de los museos de ciencias (MC) en el aprendizaje de las ciencias (Lucas, 1983; McManus, 1992; Rennie y McClifferty, 1996; Hofstein y Rosenfeld, 1996; Pedretti, 2002). También en la revista *Science Education* se han publicado dos números especiales (noviembre de 1997 y julio de 2004) que muestran

los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en las últimas décadas, con el objetivo de analizar la naturaleza del aprendizaje en los museos y centros de ciencia y el impacto a largo plazo de las visitas a estos museos. En todas estas revisiones se consideran diferentes contextos de aprendizaje no formal de las ciencias: excursiones escolares, salidas de campo, ferias de ciencia, proyectos y programas para estudiantes, visitas a museos y zoos, concursos de publicaciones de estudiantes en prensa o en Internet, etc. En este trabajo, nos centraremos en analizar las investigaciones sobre el aprendizaje logrado en visitas escolares a MC.

A partir de reconocer la importancia de los museos como contexto de aprendizaje en la enseñanza de las ciencias, surgen algunas cuestiones como: ¿hasta qué punto se logran los objetivos de aprendizaje previstos en las visitas escolares a MC?, ¿en qué medida el cambio de contexto influye en el aprendizaje de los estudiantes?, ¿qué características debe cumplir una enseñanza de las ciencias eficaz en contextos no formales?

El aprendizaje es un proceso individual y los museos proporcionan una buena oportunidad para aprender independientemente y por propia elección. Los responsables de los centros de ciencia así como los diseñadores de las exposiciones intentan «acercar la ciencia al visitante de una forma entretenida», pero este objetivo es arriesgado ya que tienen que darse ciertas condiciones para que llegue a cumplirse (Guisasola, Morentin y Zuza, 2005). Falk y Dierking (1992) indican que aunque la gran mayoría de los módulos de los museos tienen su información bien estructurada y secuenciada para que el aprendizaje sea construido con facilidad, pocos visitantes utilizan la información en ese sentido. Aunque los visitantes conozcan la estructura de la información y ésta pueda servirles de retroalimentación para su aprendizaje, suelen seleccionar los módulos en función de otros parámetros: la atracción a un color, tamaño, tipo de actividad, etc.; por la razón que sea se sienten atraídos por un módulo o módulos en particular (Borun et al., 1993).

Sin embargo, una de las razones del éxito de estos centros es que crean ambientes que facilitan la interacción social y el aprendizaje colaborativo, por lo que «aprender juntos» es uno de los lemas que ha contribuido a que estas instituciones sean recursos válidos de aprendizaje no formal (Dierking et al., 2003).

Otra de las características principales de los MC es que proporcionan un amplio número de oportunidades para diferentes formas y estrategias de aprendizaje. Sin embargo, como apuntan Brooke y Solomon (2001), en la corta historia de los MC desde que se abrió el Exploratorium en 1969, existen algunas controversias, una de las cuales es la dicotomía entre *explorar* que incluye curiosidad y juego, y *aprender fenómenos naturales* que generalmente incluye actividades guiadas además de instrucciones por escrito y explicaciones. Al parecer, hay una variable muy importante a considerar: «la predisposición» del propio visitante; en el caso de los adultos, llegan al museo con intención de aprender y lo consiguen en la mayor parte de los casos; los escolares, en cambio,

acceden al museo para divertirse, y lograr que además aprendan algo, es tarea de los educadores y del propio museo (Shields, 1992).

El contexto personal de la visita es, por tanto, primordial; lo que el visitante pretende, sus expectativas e intereses, su bagaje cultural, etc. influirán decisivamente en el aprendizaje obtenido (Falk et al., 1986). Sin embargo, este contexto personal está estrechamente relacionado con los contextos físico y social, desempeñando un papel importante en la selección de lo que observarán y/o experimentarán los visitantes, durante cuánto tiempo, la forma de interactuar (sólo o acompañado), etc., aspectos que influirán en la variedad de las experiencias obtenidas.

En resumen, el propósito de este trabajo de revisión bibliográfica es examinar el debate actual sobre el papel educativo que tienen las visitas escolares a los MC en el aprendizaje de las ciencias. Nosotros situamos este debate dentro de la línea de investigación de la enseñanza de las ciencias en contextos no formales y en la propuesta de investigación sobre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA) y sobre naturaleza de la ciencia (NC). Empezaremos nuestra revisión distinguiendo diferentes categorías en los museos de ciencias. A continuación nos centraremos en las investigaciones realizadas en los museos interactivos de ciencias que es la categoría de MC mayoritaria tanto en España como en el ámbito internacional. Estas investigaciones incluyen aprendizaje de las ciencias en contextos no formales, diferentes enfoques de aprendizaje, análisis de visitas escolares a museos y diferentes propuestas para mejorar el aprendizaje en MC. Para finalizar, comentaremos las implicaciones didácticas para la enseñanza de las ciencias.

DIFERENTES TIPOS DE MUSEOS DE CIENCIAS

Los primeros museos tradicionales de historia natural enfatizaban la herencia cultural a través de objetos con valor intrínseco. Estos primeros museos de ciencias naturales representan la fascinación por coleccionar que emergió en el siglo XIX desde «un intento por controlar la explosión empírica de materiales que estaban ampliamente diseminados, hasta que se produjo una forma de intercambio y comunicación más sistemática» (Findlen, 1994). Los museos de historia natural eran instituciones de conocimiento incontestable, lugares de «ver, conocer y coleccionar, lugares donde cualquiera puede contemplar la evidencia de la ciencia» y se presentaban como los mediadores entre el esotérico mundo de la ciencia y el público. Según Hein (1998), a finales de ese siglo, los museos simplemente suponían que sus visitantes «aprenderían, se ilustrarían y se entretendrían». Está claro que estas suposiciones siguen presentes en el museo actual, aunque se dedica una mayor atención a la comprensión de la experiencia del visitante (Guisasola e Intxausti, 2000).

En el siglo XIX se produjo una proliferación de museos de ciencia basados en la herencia técnica e industrial; herencia técnica que se esforzaba en presentar la ciencia en un contexto industrial concreto, y en un entorno y tiempo

determinados. Los aparatos estaban contextualizados en una «parte de la historia» y los visitantes se sumergían en un mundo lleno de implicaciones sociales y culturales. Esta tradición sigue vigente actualmente con numerosos centros que explican determinadas tradiciones y procesos industriales, aunque en este trabajo no nos vamos a ocupar de ellos.

Los actuales museos de ciencia (MC), en contraste, están particularmente dedicados a presentar las leyes y principios universales y los fenómenos científicos de forma que trascienden el tiempo y el contexto, es decir, se exhiben ideas y conceptos, no objetos. El visitante, por su parte, interactúa con los módulos utilizando sus sentidos (empujar, tocar, ver, sacar, participar...), por lo que la actividad es fundamental para que la experiencia sea satisfactoria. Los módulos suelen ser participativos e interactivos, e incluso responden a las acciones del visitante y le invitan a una mayor respuesta, pero suelen ofrecer escasa retroalimentación al visitante (Rennie y McClafferty, 1996; Guisasaola y Morentin, 2005). Por ello, algunos autores consideran que los MC ofrecen «una dispersión descontextualizada de módulos interactivos que pueden ser contemplados como estaciones de ideas» (McManus, 1992), usualmente presentados en salas que prestan escasa atención a las aplicaciones de la ciencia en la vida real, al contexto político-social, o a las implicaciones morales y éticas (Pedretti, 2002; Gil et al., 2004).

A partir de 1960 estos centros de ciencias interactivos han crecido de forma espectacular. Este crecimiento se ha producido bajo la influencia de una nueva orientación en los trabajos sobre la naturaleza de la ciencia y las teorías del aprendizaje. En esa época surge una eclosión de proyectos innovadores (PSSC, Nuffiel, etc.) basados en el «aprendizaje por descubrimiento», es decir, en llevar a los estudiantes al laboratorio para practicar el método científico, con lo que descubrirían la teoría y aumentaría su interés por las ciencias (Hodson, 1985). Estos planteamientos llevan asociados una concepción del papel de la enseñanza de la ciencias como educación de futuros científicos para el avance científico-tecnológico de la sociedad (Pedretti, 2002). El Exploratorium de San Francisco y el Ontario Science Center, ambos inaugurados en 1969, fueron dos ejemplos tempranos de MC con el enfoque mencionado, dedicados a explorar los principios científicos a través de módulos interactivos (Oppenheimer, 1968). Sin embargo, en los años ochenta y noventa nuevas aportaciones del campo de la investigación en la filosofía de la ciencia y la psicología cognitiva destacan que la naturaleza de la ciencia va más allá de la simple experimentación y que es necesario tener en cuenta el contexto teórico desde el que el aprendiz mira las experiencias, así como su forma de ver el mundo y su escala de valores (Duschl, 1990). En esta misma línea McComas (1998) argumenta que «la naturaleza de la ciencia mezcla aspectos de los estudios sociales de la ciencia... en una rica descripción de lo que la ciencia es, cómo funciona, cómo operan los científicos en tanto que grupo social, y cómo la sociedad misma dirige y a la vez reacciona ante los esfuerzos de la ciencia». Todas estas aportaciones han llevado, en algunos museos, a replan-

tearse las estrategias didácticas utilizadas en su función educativa. En la actualidad, nuevas tecnologías de exhibición y nuevas formas de experimentación marcan las nuevas actividades de los MC interactivos siendo sus objetivos principales «promover la comprensión pública de la ciencia», «impulsar la participación y disfrute de los visitantes» y «mejorar las actitudes de los escolares hacia la ciencia y sus implicaciones» (Bradburne, 1998; Wellington, 1990) dentro de un marco sobre naturaleza de la ciencia y sobre las relaciones CTSA marcadamente diferentes a las de los años 1960 y 1970.

Aunque los museos de ciencias están en continua evolución y las clasificaciones nunca son definitivas, Janousek (2000) proporciona una tipología útil y sencilla para clasificar los museos y centros de ciencias según su orientación:

a) «Museos de primera generación», representados por los museos tradicionales de ciencia y técnica que están orientados a la presentación de la ciencia a través de paneles y colecciones de objetos históricos; dichas colecciones y/o exposiciones se basan en los artefactos experimentales y no presentan un contexto más amplio.

b) «Museos de segunda generación» o «Museos interactivos de ciencias», museos de ciencias que se centran preferentemente en analizar y exponer el orden natural del universo, las leyes y principios fundamentales de la ciencia, etc. No tienen colecciones y sus módulos suelen ser interactivos y generalmente no necesitan un contexto externo. A esta categoría pertenecen la gran mayoría de los MC nacionales e internacionales.

c) «Siguiente generación de museos» (Koster, 1999), representados por exposiciones que tienen como objetivo problemas relacionados con interacciones ciencia-tecnología-sociedad y medio-ambiente, centrados más en el hoy y el mañana que en el pasado y que contemplan múltiples puntos de vista. Desarrollan experiencias temáticas que permiten considerar al MC como una inversión para valorar recursos a lo largo de la vida y establecen relaciones con otras instituciones, de forma que puedan combinar recursos para un impacto mayor en la colectividad y servir como plataforma no corporativista para discutir problemas sociales relativos a la ciencia y la tecnología. Una nueva generación de museos y centros de ciencia está naciendo, y Koster describe este cambio como «un cambio de paradigma», dirigido a explorar no sólo los fenómenos científicos, sino también los aspectos sociocientíficos contemporáneos.

Actualmente existe una preocupación en las direcciones de los MC por reorientar su atención de los módulos interactivos a los objetivos educativos, de los fenómenos naturales a su relevancia social y del popurri de conceptos a líneas temáticas. Los MC comienzan a verse como importantes protagonistas en numerosos contextos científicos, sociales, culturales y políticos. Dentro de estas funciones su labor en la alfabetización científica y el aprendizaje de las ciencias en contextos no formales es uno de los objetivos prioritarios a desarrollar por las direcciones de los MC (Jeffery-Clay, 1998; Koster, 1999).

Para ello, los museos disponen de medios muy variados además de las propias exhibiciones, como son las exposiciones temporales, cursos y conferencias, programas especializados, materiales didácticos, etc. De esta forma podemos decir que los museos son lugares que ofrecen experiencias enriquecedoras de aprendizaje y socialización a los visitantes. Esta afirmación es fácilmente aplicable a los museos de ciencia interactivos, entre cuyas finalidades están:

- Promover la cultura científica y técnica de los visitantes, dando a conocer sus consecuencias sociales, culturales, económicas y ambientales (alfabetización científica).
- Comunicar la ciencia de una forma integrada y global, a la vez que accesible, mostrando no sólo los productos de la ciencia sino también los procesos que la han originado.
- Despertar inquietudes hacia la ciencia y la técnica, especialmente entre los escolares, estimulando la curiosidad, el deseo de aprender y el disfrute mediante la interactividad, sin olvidar la reflexión y la resolución de situaciones problemáticas.
- Crear un ambiente propicio para la experimentación y la interacción social.

A la vista de estos objetivos podemos decir que los centros de ciencia tienen una decidida voluntad educativa y que actualmente están replanteándose las estrategias didácticas utilizadas, con vistas a conseguir afianzar su papel como instituciones adecuadas para el aprendizaje de la ciencia; persiguen crear ambientes que estimulen el aprendizaje y pretenden motivar más que educar, de forma que el verdadero aprendizaje se produzca posteriormente en la escuela (Pérez et al., 1998). En definitiva, las direcciones de los MC están preocupadas porque los visitantes no sólo pasen un rato agradable sino que adquieran conocimientos que les sirvan para resolver problemas científicos básicos y tomar decisiones en problemas sociales relacionados con la ciencia y la tecnología. Sin embargo, como dice Sue Allen (2004), ésta no es una tarea fácil; en el Exploratorium por ejemplo, están realizando diferentes estudios sobre los diseños más adecuados para que las áreas de exhibición sean efectivas como herramientas de aprendizaje, teniendo en cuenta que los visitantes tienen diferentes motivaciones, diferentes estilos de aprendizaje y diferentes niveles de conocimientos. Algunos de los resultados indican que los módulos más interactivos son los más atractivos, los que más implican a la mayoría de visitantes, pero sin embargo, éstos no son siempre los más eficaces para el aprendizaje, ya que además de ser *hands-on* deben ser *minds-on*, como ya han apuntado otros investigadores (Wagensberg, 2000).

EL APRENDIZAJE EN CONTEXTOS NO FORMALES

La enseñanza de las ciencias en el marco escolar se caracteriza porque el material curricular y las estrate-

gias didácticas se deben diseñar teniendo en cuenta las habilidades y aptitudes de los estudiantes en cada etapa educativa; de esta forma, el principal objetivo es crear ambientes de aprendizaje que permitan involucrar al alumnado en una tarea que le lleve a interactuar física e intelectualmente con los materiales, a través de resolver situaciones problemáticas utilizando la metodología científica. Para conseguirlo, el profesorado tendrá que diseñar estrategias didácticas variadas tanto en ambientes escolares como en extraescolares. Es en este punto donde los ambientes no formales de aprendizaje de las ciencias tendrían gran importancia para mejorar la motivación del alumnado e incrementar la eficacia de la enseñanza. Pero, ¿qué es un aprendizaje no formal?

No existe acuerdo entre los expertos para definir el «*aprendizaje no formal*» de las ciencias, siendo la principal dificultad determinar si el aprendizaje no formal puede ocurrir en ambientes formales de aprendizaje y viceversa, es decir, si el término tiene atributos propios (en cuyo caso podría ocurrir en ambientes formales al igual que en no formales) o si necesariamente el término es entendido como opuesto a aprendizaje formal (en este caso, sólo podría ocurrir en ambientes no formales). Así pues, podemos identificar dos aproximaciones a este problema, como exponen Hofstein y Rosenfeld (1996):

a) Dicotomía entre aprendizaje formal y no formal. Es una aproximación muy simplificada en la cual ambos aprendizajes se definirían por términos contrapuestos. Según Wellington (1990):

Tabla 1
Dicotomía entre aprendizaje formal y no formal.

APRENDIZAJE NO FORMAL	APRENDIZAJE FORMAL
voluntario	obligatorio
no estructurado	estructurado
no evaluado	evaluado
fuera de la escuela	en el aula

b) Aproximación híbrida, en la que el aprendizaje no formal se refiere a actividades que ocurren fuera del ambiente escolar y no forman parte de un currículo específico y jerárquico ni tienen que ser evaluadas al finalizar, sino que se caracterizan por ser voluntarias, desestructuradas, etc. Sin embargo, estas actividades sirven como complemento al aprendizaje formal y pueden ser usadas en la escuela teniendo en cuenta sus características.

En principio, adoptaremos este segundo enfoque, de forma que las experiencias de aprendizaje no formal puedan ocurrir también en contextos formales de aprendizaje. Como dice Hein (1998): «los términos formal e informal no sirven para distinguir las características de la educación que ocurre ni las cualidades pedagógicas»,

sino que se refieren a los contextos de aprendizaje y en ambos tipos de contexto se puede facilitar el aprendizaje de manera similar: a través del uso de objetos y diseño de experiencias, teniendo en cuenta el interés de los estudiantes, dándoles oportunidades para el descubrimiento y/o construcción de significados y dejando que ellos sean los responsables de sus propios aprendizajes.

Como conclusión diremos que formal o no formal no es el aprendizaje en sí, sino el contexto en el que éste ocurre. Se puede considerar que según la segunda aproximación, entre el aprendizaje en contexto formal y el no formal hay un *continuum* en el cual se pueden encontrar desde las estrategias más obligatorias y estructuradas como las salidas de campo escolares, hasta las de mayor libertad de elección como la prensa y los medios electrónicos, pasando por posibilidades intermedias como las visitas casuales a museos, zoológicos, etc. Por ejemplo, las salidas escolares (al monte, a un museo...) están organizadas por el propio centro escolar y tienen un claro propósito educativo. Se desarrollan fuera del aula y proporcionan al estudiante experiencias concretas imposibles de trabajar dentro del aula.

Sin embargo sería un error relacionar un contexto de aprendizaje obligatorio con métodos de aprendizaje formal; queremos diferenciar también los contextos de los métodos. En la enseñanza tradicional, un contexto obligatorio escolar implicaba métodos de aprendizaje formal, y también lo contrario; pero ésa es una unión artificial y perjudicial al mismo tiempo, como ya lo vienen denunciando las nuevas orientaciones CTS y alfabetización científica del currículo (Solbes y Vilches, 1997; Membiela, 1997); es artificial porque el conocimiento de la ciencia no se puede limitar a lo que se aprende en la escuela y perjudicial, porque limita las oportunidades de aprendizaje de los estudiantes. Desde nuestro punto de vista, los contextos escolares obligatorios deberían incluir –y de hecho ya lo hacen– experiencias de aprendizaje no formal, de forma que se fuera enriqueciendo la ciencia escolar con aspectos concretos de la vida cotidiana. Como Wellington (1990) preveía hace más de una década, «el aprendizaje fuera de las instituciones formales crecerá en importancia en relación con el currículo escolar y existe ya evidencia de que los factores extraescolares tendrán una gran influencia en los resultados educativos del alumnado».

En el caso de los museos y centros de ciencia, esta influencia positiva ya se está notando. Como dice Linda Ramey-Gassert (1997), los museos de ciencia tienen un potencial para favorecer el aprendizaje que no puede reproducirse en la escuela: experiencias usando elementos reales, temas relacionados con la vida real, diversión, interactividad, posibilidad de libre elección, interacción social, etc. Sin embargo, esta misma autora cita a Feher y Rice (1988) para recordar que «aunque la inmersión en estos ambientes ricos en estímulos es muy necesaria para que el aprendizaje ocurra, no es condición suficiente». Hace falta que la visita al centro quede integrada dentro del currículo escolar, para que la complementariedad de ambos contextos logre un aprendizaje eficaz y duradero.

Las personas aprendemos ciencias (o contenidos de cualquier otra área) de diferentes fuentes, en diferentes contextos y por diferentes razones. Puesto que los ámbitos complementarios para el aprendizaje de las ciencias son el formal y el no formal, tenemos que focalizar la investigación en la mejor forma de integrar ambos y, en concreto, la conexión «escuela-museos de ciencia». En el siguiente apartado expondremos diferentes trabajos de investigación en esta línea y en concreto sobre el aprendizaje en visitas escolares a MC.

INVESTIGACIONES SOBRE EL APRENDIZAJE EN LAS VISITAS ESCOLARES A LOS MUSEOS DE CIENCIAS

Es evidente que las investigaciones sobre el aprendizaje en los MC han ido incrementándose en los últimos años, aunque hay que reconocer que los métodos de recogida de datos usados para investigar el aprendizaje formal no son apropiados para investigar el aprendizaje en ambientes no formales (Beetlestone et al., 1998; Orion et al., 1997). Una medida de las dificultades de diseño y de ejecución de estas investigaciones puede darla el hecho de que no es común encontrar estudios acumulativos y de alto impacto en la bibliografía sobre museos. Una razón puede ser la consideración de que la visita a un centro de estas características es una experiencia única para cada visitante, por lo que las generalizaciones no son adecuadas; otra razón es que el contexto no debería ser modificado durante la toma de datos, ya que el visitante se puede sentir observado/vigilado y no actuará de forma libre y auténtica. Tampoco debemos olvidar que algunos resultados de aprendizaje cognitivo pueden ocurrir a largo plazo, varios meses después de haber realizado la visita, y éstos son difíciles de medir de forma objetiva.

Sobre los resultados obtenidos, podemos decir que la mayoría de las investigaciones realizadas indican que los aspectos del aprendizaje más beneficiados son el afectivo (sobre todo aumentan las actitudes positivas hacia las ciencias y la motivación para aprenderlas) y el procedimental, si bien el aprendizaje cognitivo puede ocurrir también en determinadas condiciones (Cuesta et al., 2000). Estos mismos resultados indican que las salidas/visitas tienen que estar bien diseñadas e integradas en la programación de aula para tener mayor eficacia; además, se debe tener en cuenta que la variable «novedad» (bien sea novedad cognitiva, psicológica o geográfica) influye negativamente en el aprendizaje, puesto que puede causar ansiedad, inhibición, etc. (Kubota y Olstad, 1991; Orion y Hofstein, 1994; Anderson y Lucas, 1997).

Según el tipo de resultados obtenidos en función de los objetivos planteados, la mayoría de las investigaciones en museos suelen ser estudios de audiencia y estudios de comportamiento (Fernández y Benlloch, 2000). Los estudios de audiencia suelen ser cuantitativos y demográficos, ya que su objetivo principal es conocer el tipo de público que visita el centro; los estudios de comportamiento, en cambio, investigan la relación entre el visitante y la visita, por lo que suelen ser tanto cuantitativos (duración de

la visita, duración de la interacción con el módulo y los otros miembros del grupo, lectura de los carteles informativos...) como cualitativos (tipo de aprendizaje obtenido, relación con las preconcepciones, etc.).

Durante las décadas de los setenta y ochenta del siglo pasado se realizaron múltiples investigaciones eficaces en el amplio marco de los MC. Las investigaciones eran mayormente empíricas y centradas en medir logros concretos (Falk et al., 1978; Lucas, 1983); los objetivos eran conocer el tipo de audiencia que acudía a un museo determinado, el poder de atracción y retención de algunas exhibiciones, la importancia de la orientación para el aprendizaje, etc., siempre orientados a que el personal del museo pudiera mejorar la presentación si ello era necesario. Aunque estos trabajos han proporcionado notables resultados, Falk y Dierking (1992) afirman que «muchas investigaciones en los MC han padecido de una mala interpretación del aprendizaje, concebido más como la adquisición de nuevas ideas, hechos o información, que como la consolidación y lento desarrollo de las ideas e información ya existente».

A comienzos de los años noventa del siglo pasado se reconoce que la evaluación en los MC debe asumir los cambios que se han producido en la metodología de investigación en los campos de la sociología, psicología y enseñanza de las ciencias, cambios que pasaron de las investigaciones positivistas basadas en modelos conductistas del aprendizaje, a métodos más interpretativos. Estos cambios llevaron a investigaciones centradas, primero, en modelos cognitivos y, más adelante, en modelos sociocognitivos, para subrayar el significado del contexto social en la determinación de cómo interaccionan los visitantes con los módulos (Ramey-Gassert y Walberg, 1994). Estos cambios coinciden en resaltar que no es la interacción de la persona individual con el módulo la que determina el aprendizaje, sino el contexto en el que se realiza dicha interacción. Lo importante es que lo que conocemos respecto al que está aprendiendo se basa menos en la naturaleza del objeto que en la manera y el contexto en el que se experimenta. Sin embargo, esto también implica que es difícil medir un aprendizaje cognitivo, afectivo y psicomotriz como resultado de la visita.

A la hora de investigar el aprendizaje en los MC se ha utilizado una variedad de diseños presentando diferentes dificultades dependiendo de la metodología utilizada. Por ejemplo, cuando se utiliza un grupo experimental y otro de control, existe el problema de encontrar un tratamiento placebo significativo para el grupo de control. Por ello, algunos investigadores (Lucas et al., 1986; McManus, 1992) recomiendan que los diseños de investigación no dependan de grupos de comparación y que utilicen evidencias de diversas fuentes en la evaluación de los programas.

Actualmente se utilizan diseños mixtos que ayudan a conocer la influencia de los factores más determinantes del proceso de aprendizaje en una visita a un MC. Así, se han utilizado grabaciones en video con permiso de los visitantes que han resultado exitosas, aunque hay un acuerdo general en que la transcripción lleva un tiempo

considerable y mucho trabajo. Los datos obtenidos revelan lo que el visitante hace pero no hay que perder de vista que tratar de evaluar el aprendizaje ocurrido requiere un alto grado de inferencia; además, algunos autores argumentan que éste puede ser un método poco ético en muchos casos, porque proporciona información privada.

En estos últimos años se han realizado diversas investigaciones basadas sobre todo en la teoría sociocultural del *Aprendizaje Colaborativo en los Museos* (Rennie y Johnston, 2004); en ellas, además de reconocer la importancia de los contextos personal, físico y social para el aprendizaje, se han tenido en cuenta nuevas estrategias y herramientas para la toma de datos (entrevistas y conversaciones, grabaciones, observaciones...), dejando al descubierto la gran dificultad de realizar medidas adecuadas con métodos no intervencionistas.

Hasta aquí hemos revisado algunas de las investigaciones sobre problemas generales relacionados con los museos de ciencias. A continuación vamos a exponer diferentes investigaciones sobre visitas escolares a los MC que han utilizado metodologías de investigación variadas. Nos centramos en este tipo de investigaciones porque, como ya hemos indicado en la introducción, estamos interesados en la relación escuela-museo. Además, los grupos escolares forman uno de los grupos más importantes de visitantes durante el período escolar. Esto hace que todos los MC tengan iniciativas concretas para los visitantes escolares y sus profesores (programas de formación, información específica en la web...), e incluso hay estudios que relacionan el currículo escolar de diferentes niveles educativos con los contenidos de algunos centros de ciencia (Tomlin, 1990; Morentin y Guisasaola, 2004). A su vez, los organismos oficiales de enseñanza están impulsando al profesorado para que tenga en cuenta en sus programaciones curriculares de aula las visitas a los museos y centros de ciencias; como ya se ha comentado anteriormente, los maestros y maestras deben ser conscientes de que se aprende mucho en contextos no formales, por lo que deberán preparar a su alumnado para dicho aprendizaje, sin olvidar que para el profesorado también son contextos eficaces de aprendizaje ya que les proporcionan diferentes puntos de vista sobre la ciencia a la vez que aumentan sus posibilidades pedagógicas (Price y Hein, 1991; Smith et al., 1998).

Ya en 1986, Lucas y colaboradores realizaron dos pequeños estudios en el British Museum (Londres) y en La Villette (París), respectivamente. El objetivo era conocer «cómo» aprendían los visitantes, aun sabiendo que una única visita no podía ser suficiente para obtener unos resultados muy fiables. Para ello, realizaron grabaciones en video del comportamiento de los visitantes; además un observador apuntaba los datos necesarios para posteriormente poder identificarlos. En ambos casos se obtuvieron algunos resultados sorprendentes: los visitantes consideraban importante la información proporcionada por los carteles (en contra de la bibliografía sobre el tema) y algunos visitantes regresaban a algún módulo para mejorar su comprensión después de haber visto otros. No obstante, los propios autores indican que el método no es perfecto, ya que la simple

observación/grabación no revela la «historia completa» de la visita, y en estos casos, no se puede comprobar la influencia del contexto y sobre todo, de las interacciones sociales que son fundamentales para el aprendizaje en los ambientes no formales.

Las investigaciones que se realizaron a principios de los noventa en los museos y centros de ciencia tenían como objetivo principal medir el aprendizaje, sobre todo conceptual, que se producía tras una visita a uno de estos centros. Para ello, la herramienta más utilizada era el cuestionario, realizado antes de la visita y después de la misma por los escolares que visitaban el museo, complementado en ocasiones por entrevistas explicativas.

Feher y Rice (1992) utilizaron cuestionarios y «entrevistas tipo Piaget» con escolares, para conocer sus procesos de pensamiento mientras interactuaban con las exhibiciones. El objetivo era no sólo conocer lo que los escolares habían aprendido, sino también cómo lo aprendían. Obtuvieron como resultado que, aunque los módulos más interactivos estimulan y facilitan el aprendizaje, tiene que haber un punto de contacto entre los contenidos conceptuales de la exhibición y los preconceptos del escolar, para que se produzca algún aprendizaje. Además, comprobaron que los escolares no confrontaban sus ideas previas e incluso, a veces, construían modelos explicativos sobre ellas.

Tuckey (1992) entrevistó a unos 150 niños de entre 8 y 11 años, mientras visitaban el Satrosphere de Escocia, para saber qué aprendían y cómo lo hacían. Se les pedía explicar lo que estaban haciendo y lo que estaba ocurriendo, de forma que construyeran modelos explicativos de los módulos. Los resultados de estas entrevistas indicaron también que los escolares usaron sus preconceptos para dar explicaciones e hicieron analogías con sucesos de la vida diaria y situaciones familiares. Sin embargo, en muchas ocasiones se generaban modelos explicativos inadecuados.

Por tanto, se concluye que para poder aprender en una visita, los estudiantes tienen que tener las ideas previas «adecuadas», y así la visita mejorará su comprensión del fenómeno y le ayudará a hacer conexiones; pero la visita no podrá enseñar conceptos «no familiares» y desconocidos totalmente. Así pues, para que los beneficios de la visita sean máximos, el profesorado deberá integrar la visita dentro de la programación de aula, y antes de la visita «hacer familiares» los conceptos que se trabajarán en la misma.

Estas recomendaciones fueron tenidas en cuenta por Gilbert y Priest (1997) en el estudio que realizaron con escolares de 8 y 9 años en el Science Museum de Londres. El objetivo era conocer la formación y desarrollo de modelos mentales en el alumnado de esta edad, mediante las conversaciones que se realizaban durante la visita a la exhibición de «Los alimentos». Se analizaron cuáles eran los desencadenantes de dichas conversaciones, y se grabaron las mismas, tanto entre los niños y niñas como con el adulto que les acompañaba. Los resultados indican que la interacción social entre los escolares fue

muy relevante para conocer sus modelos conceptuales e incluso los diferentes tipos de aprendizaje utilizados, tanto durante la propia visita como en las actividades que posteriormente se organizaron en la escuela. Esto avala la idea de que la construcción social del conocimiento en los museos es un recurso a tener en cuenta por todo el profesorado.

Henriksen y Jorde (2001) realizan una investigación sobre el aprendizaje logrado por los estudiantes de 16 años al visitar una exposición sobre radiación y problemas medioambientales en un museo de ciencia y tecnología de Noruega. Se preguntan si la visita escolar en un contexto no formal contribuirá a mejorar la comprensión de los estudiantes en temas relacionados con la visita (la radiación, los rayos UV, la capa de ozono y el efecto invernadero). Los autores enfatizan que los resultados de la investigación no contemplan sólo la visita al MC, sino también el efecto del material diseñado para antes y después de la visita. Se trata de evaluar el efecto conjunto de la acción escolar (materiales para la visita) y la visita al MC. Diseñan unidades didácticas centradas en problemas de la vida cotidiana que les impulsa a reflexionar sobre estos problemas. Estas unidades se utilizaron antes de la visita para: a) obtener información sobre las preconcepciones de los estudiantes; b) explorar la efectividad de los módulos de la exposición para suministrar información que los estudiantes puedan utilizar para emitir opiniones fundamentadas científicamente. Se utilizó una metodología cualitativa basada en el análisis de informes de los estudiantes antes y después de la visita al MC. Se encontró que el número de preconcepciones y errores conceptuales sobre los temas de la exposición descendieron significativamente, aunque son pocos los estudiantes que ofrecen una explicación general que integra coherentemente todos los temas de la exposición. Sin embargo, los autores indican que esto último es difícilmente esperable de una corta visita a un MC. Por otra parte, se observa que las opiniones que emiten los estudiantes son menos contundentes, en menor cantidad, más matizadas y con mayor cantidad de argumentos científicos que antes de la visita. Los autores concluyen que la visita aumenta el aprendizaje de la mayoría de los estudiantes, aunque aquellos estudiantes con fuertes preconcepciones no llegan a comprender los nuevos conceptos que aparecen en la exposición. Los autores destacan que los buenos resultados anteriores sólo son posibles si se estructura una secuencia de aprendizaje que contemple la escuela (unidades didácticas) y la exposición del MC.

Una investigación sobre el papel del profesorado en las visitas escolares a museos de ciencia, tanto en la preparación de la visita, como en la realización y posterior relación con el currículo escolar, la realizaron Griffin y Symington (1997) en Sydney, Australia. Mediante la observación directa de los escolares y sus profesores, así como a través de entrevistas semiestructuradas antes, durante y después de la visita, concluyeron que el profesorado de estos niveles suele usar estrategias centradas en tareas concretas (completar fichas, por ejemplo) y no relacionan los módulos del museo con las unidades trabajadas en clase, es decir, la mayoría del profesorado no

tiene una idea clara de cómo usar el museo como recurso no formal de aprendizaje. Por ello los autores proponen unas estrategias centradas en el aprendizaje que faciliten al profesorado la planificación de la visita: integrar la visita en una unidad didáctica, que los estudiantes busquen respuestas a sus propias preguntas, animarles a buscar información dentro del museo, orientarles y hacerles trabajar en grupo, utilizar diferentes tipos de actividades dentro del museo, etc. Tal, Bamberger y Morag (2005) llegaron a similares conclusiones en el estudio que realizaron con profesores que llevaban a su alumnado a visitar diferentes museos de historia natural en Israel.

En un reciente trabajo, Lemelin y Benzce (2004) analizan las actividades de un taller organizado por un museo de ciencia y tecnología de Canadá, para visitas escolares de secundaria. El trabajo analiza la evolución pedagógica de los monitores del taller de acuerdo con la experiencia y la percepción de los puntos de vista de los escolares que participan. La metodología de investigación es un estudio de casos con siete monitores, en el que se recogen mediante entrevistas las experiencias del taller durante dos años. Las conclusiones en el primer año fueron que era necesario relacionar más los contenidos del taller con los del currículo escolar y que se debía introducir mayor componente tecnológico en las simulaciones. El análisis final del segundo año indicaba que el taller suministra a los estudiantes oportunidades para seleccionar y controlar su propio aprendizaje. Así mismo, el entorno del MC y, en concreto, el taller proporciona a los profesores oportunidades para diseñar y desarrollar «pequeñas investigaciones» (inquiry based projects). Los autores indican la necesidad de diseñar actividades pre y post visita al taller para relacionar las actividades de la escuela y del museo y para un aprendizaje más efectivo. Finalmente, se aportan evidencias de que una cooperación entre profesores de la escuela y del MC es muy positiva en la efectividad del aprendizaje logrado.

En opinión de Salmi (2003), se ha dedicado mucho tiempo y esfuerzo a intentar medir el aprendizaje cognitivo que se obtiene tras una visita a un centro de ciencia, y no se ha realizado apenas ningún estudio sobre los beneficios que dicha visita reporta en el ámbito afectivo y actitudinal del escolar. En concreto, en el Heureka de Finlandia este autor ha realizado varios estudios de casos para determinar cómo influyen las visitas a este centro en el tipo de motivación con el que los escolares abordan el posterior aprendizaje. Se realizaron diferentes cuestionarios en función del aspecto que se quería medir y se pasaron a escolares de diferentes centros y niveles, varios meses antes de la visita (para conocer su tipo de motivación), inmediatamente después de la misma y pasados un par de meses. Los resultados fueron altamente positivos, si bien hay algunos aspectos que merecen ser comentados:

a) Las visitas (si son más de una mejor) aumentaron la motivación intrínseca de los estudiantes, pero ese aumento fue superior en el caso de alumnos y alumnas con problemas de aprendizaje; la explicación puede ser que la interacción con los módulos y sus propios compañeros aumentó la autoconfianza, ya que experimentaron sin presión externa.

b) La visita implica un tiempo corto de interacción, por lo que se considera indispensable disponer de programas bien diseñados, que ayuden al profesorado en la preparación de la visita; así se valorará más la calidad que la cantidad del aprendizaje.

c) Los estudiantes con mayor motivación intrínseca obtuvieron mejores resultados cognitivos.

En esta misma línea Cox-Petersen y otros (2003) ratificaron que las visitas escolares a MC son muy bien valoradas, tanto por el alumnado como por el profesorado. En el estudio observaron (e incluso grabaron) a los estudiantes mientras visitaban un centro de ciencia, entrevistaron al profesorado acompañante y a algunos alumnos seleccionados al azar. Según sus respuestas, la visita fue satisfactoria para ambos colectivos (67% profesorado y 92% alumnado), si bien señalaban algunos aspectos que se podían mejorar: 1) organizar visitas menos estructuradas y más centradas en los estudiantes, en las que los guías actúen de facilitadores que plantean preguntas abiertas relacionadas con las experiencias de los estudiantes fuera del museo (contexto físico y personal); 2) programar espacios de tiempo para que el alumnado trabaje en grupo, investigue por su cuenta, reflexione, etc. (contexto sociocultural) de forma que puedan construir sus propios aprendizajes (contexto personal); 3) proporcionar indicadores para focalizar la atención de los estudiantes y que éstos puedan relacionar las exhibiciones con los conceptos implicados, siempre teniendo en cuenta la edad del alumnado (contexto físico y personal).

Pedretti (2004) hace un repaso de las investigaciones de los últimos diez años para conocer el tipo de aprendizaje conseguido en una visita, y propone un nuevo tipo de exhibiciones «basadas en ideas/temas», en contraposición a los típicos módulos «basados en fenómenos». Con ellas pretende que el aprendizaje conseguido integre temas de actualidad, controvertidos, etc., dentro de un contexto social y cultural, de forma que el visitante tenga que implicarse en debates, reflexiones, toma de decisiones... Enfatiza el aprendizaje «sobre ciencia» (incluyendo CTSA y NC) y no el aprendizaje «de la ciencia». Para ratificar su propuesta, se realizó una investigación con dos exhibiciones «basadas en ideas» que fueron inauguradas en dos museos canadienses; el estudio, que incluyó entrevistas, cuestionarios, grabaciones, etc., tenía por objetivo, no tanto saber qué habían aprendido los visitantes, sino cómo la experiencia había contribuido a la comprensión del fenómeno implicado, y los resultados fueron muy satisfactorios.

Por otra parte, Falcao y otros (2004) realizaron un estudio sobre el potencial educativo de una exposición de astronomía «Las estaciones: la Tierra en movimiento» para las visitas escolares. Los módulos de la exposición fueron diseñados por miembros del equipo investigador y adoptaron un enfoque basado en 'modelos y modelizaciones' para comparar los modelos de enseñanza contenidos en los módulos de la exposición y los que tienen los estudiantes sobre el tema indicado. La metodología utilizada comprende un cuestionario pre y postvisita para

analizar los cambios en los modelos que utilizan un total de 157 estudiantes de 9 a 16 años que visitan la exposición. A continuación, de entre de aquellos estudiantes que habían mostrado cambios positivos en el cuestionario (57 estudiantes para el modelo «noche-día» y 64 estudiantes para el modelo «estaciones») se seleccionaron, aleatoriamente, 21 para entrevistarlos. En las entrevistas se identificaron diferentes modelos que fueron clasificados según su proximidad al científico que pretendía enseñar el módulo en cuestión. Como conclusiones, los autores indican que este tipo de trabajos es útil para evaluar la eficacia de los módulos al transmitir el mensaje y que prueba la utilidad de un «enfoque de modelos» para evaluar el aprendizaje en contextos de MC.

Un aspecto que merece ser destacado porque no es frecuente en las investigaciones realizadas es determinar el impacto a largo plazo que produce una visita a un centro interactivo de ciencia. Talisayon y su equipo (1998) realizaron un estudio de estas características en dos centros de ciencia de Manila. Además de medir el impacto a largo plazo (pasados 2 o 4 años), también incluyeron el impacto a corto plazo (un año después) y el impacto inmediato (durante la visita) en aspectos cognitivos, interés hacia la ciencia, preferencia de módulos y elección de estudios posteriores. Para ello diseñaron instrumentos de medida muy diversos: desde cuestionarios con imágenes para los más pequeños, hasta entrevistas estructuradas para los mayores y el profesorado, pasando por juegos-problema, formularios de observación directa y grabaciones en video. Tras analizar los resultados de más de mil escolares, concluyeron que más del 50% del alumnado decía que había aprendido «mucho» al finalizar la visita, pero este porcentaje descendía hasta el 25% pasados cuatro años; además, los módulos que preferían eran los que incluían animación, manipulación, sonido y movimiento; otro impacto inmediato fue que un 63% de los escolares tras la visita decían que querían ser científicos o ingenieros, pero el porcentaje descendió también hasta el 43% cuatro años; un resultado sorprendente fue el relacionado con el interés por la ciencia que aunque descendió en el primer año, volvió a aumentar en el impacto a largo plazo; por último, cabe resaltar que pasados cuatro años desde que visitaron el centro de ciencia, más del 90% de los escolares habían animado a amigos y familiares a visitarlo nuevamente. La preocupación de estos investigadores radica en la posibilidad de que los buenos resultados obtenidos tras la visita permanezcan y los porcentajes no decrezcan como ocurrió en varios aspectos, y para ello proponen que sean las escuelas las que intenten mantener y reforzar dichos resultados mediante programas de cooperación con los MC. También Lucas (2000) llega a una conclusión similar tras analizar toda la programación de una profesora que realizó una visita a un centro de ciencia con su alumnado; las actividades anteriores a la visita, las posteriores e incluso la visita guiada fueron valoradas como muy positivas y la razón aducida era que, desde el inicio del programa, los objetivos eran conocidos por todos los participantes.

Anderson, Lucas y Ginns (2000, 2003) también han realizado varias investigaciones cualitativas sobre el aprendizaje en contextos no formales, partiendo de un marco

teórico fundamentado: el constructivismo humano. Para ello han utilizado los estudios de casos, incluyendo mapas conceptuales y entrevistas semiestructuradas sobre las transformaciones en el conocimiento, con estudiantes de 7º curso (11-12 años), que habían participado en una visita de clase a un museo de ciencia (Sciencentre, en Brisbane, Australia) y en las actividades asociadas postvisita. Los resultados de este estudio son consistentes con el punto de vista constructivista humano del aprendizaje, ya que casi todos los estudiantes consiguieron comprender los principios científicos incluidos en los módulos del museo, e incluso comenzaron a formular teorías personales sobre los mismos, si bien en algunos casos estas teorías no estaban de acuerdo con la concepción científica actual. El aprendizaje fue incrementado unas veces y otras implicó una reestructuración del conocimiento dentro del tema elegido: Electricidad y Magnetismo. La eficacia de esta visión del aprendizaje se evidencia por su capacidad para unir el conocimiento previo de los individuos, las experiencias del museo, las actividades postvisita y otras experiencias, para favorecer el desarrollo del conocimiento. Así mismo, se pueden detectar cambios no adecuados en la construcción del conocimiento científico que mediante la enseñanza tradicional no se hubieran detectado. La profundidad y riqueza del aprendizaje encontrado están en contraste con mucha de la investigación previa en el campo del aprendizaje en contextos no formales, que ha sido mayormente descriptiva y sin fundamentación teórica. Las implicaciones teóricas y prácticas de estos resultados para los profesores y para el *staff* de los museos e instituciones similares son muy importantes.

A modo de resumen de la revisión realizada vamos a presentar en la tabla 2 los artículos relacionados con las visitas escolares a museos, sus objetivos, sus conclusiones y las implicaciones didácticas.

COMENTARIO FINAL E IMPLICACIONES DIDÁCTICAS

Los museos de ciencias están viendo aumentada su importancia como lugares donde se promueve el debate público sobre la ciencia (en oposición con aprender más fenómenos científicos) que incluye comprensión sobre la naturaleza de la ciencia, sobre el trabajo y la evaluación en ciencia, así como sobre el análisis crítico de las instituciones y la práctica científica. Los museos de ciencias están evolucionando de los tradicionales módulos informativos sobre hechos científicos a los módulos «sociocientíficos», de las teorías conductistas del aprendizaje hacia marcos socioculturales y constructivistas. Además, estos centros se promocionan como lugares que proporcionan información significativa a la ciudadanía sobre las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA), así como lugares de reflexión sobre la naturaleza de la ciencia (NC) (Pedretti, 2004). Estos amplios objetivos son recogidos por Hodson (1996) cuando describe las finalidades de la alfabetización científica como «aprender ciencia» (adquirir conocimiento), «hacer ciencia» (implicación manual) y «aprender sobre ciencia» (perspectiva NC y CTSA).

Tabla 2
Resumen revisión de artículos relacionados con visitas escolares

ARTÍCULO	OBJETIVO DEL TRABAJO	METODOLOGÍA	CONCLUSIONES	IMPLICACIONES DIDÁCTICAS
Lucas et al., 1986	Cómo aprenden los escolares	Grabaciones en video y observador externo	Leían los carteles y obtenían informaciones interesantes	La metodología no revela la visita completa, y no se percibe la influencia del contexto
Féher y Rice, 1992	Qué y cómo aprenden	Cuestionarios y entrevistas	Aprenden más en los módulos más interactivos	Tiene que existir relación entre los preconceptos y los contenidos de los módulos
Tuckey, 1992	Qué y cómo aprenden	Entrevistas y explicaciones escritas	Recurren a analogías con la vida real para sus explicaciones	Se generaban modelos explicativos inadecuados
Gilbert y Priest, 1997	Formación y desarrollo de modelos mentales	Conversaciones grabadas	La interacción social era relevante	El profesorado deberá tener en cuenta la construcción social del conocimiento
Griffin y Symington, 1997 Tal et al., 2005	Papel del profesorado en la visita y en su preparación	Observación directa y entrevistas semiestructuradas	No relacionaban los módulos con las UD trabajadas en clase	Hay que proporcionar al profesorado materiales y/o actividades para facilitarles la planificación de la visita
Talisayon et al., 1998 Lucas, 2000	Impacto a largo plazo que produce la visita	Cuestionarios con imágenes, entrevistas, juegos, grabaciones y observación	Muy buenos resultados tras la visita que decrecen con el paso del tiempo	Que las escuelas intenten mantener y reforzar los resultados inmediatos, para que perduren en el tiempo
Anderson et al., 2000 y 2003	Aprendizaje según el modelo del «constructivismo humano»	Mapas conceptuales y entrevistas (estudio de casos)	El aprendizaje fue incrementado y/o reestructurado de forma importante	Esta visión une el conocimiento previo del alumnado con las experiencias del museo y con las actividades complementarias
Henriksen y Jorde, 2001	Qué aprenden (visita + UD relacionada)	Análisis de informes	Los errores conceptuales disminuyeron	Aumenta el aprendizaje, pero los estudiantes con fuertes preconcepciones no llegan a comprender los nuevos conceptos
Salmi, 2003	Beneficios de la visita en el ámbito afectivo y actitudinal (motivación)	Cuestionarios pre y postvisita	La visita aumenta la motivación intrínseca del alumnado	Se necesitan programas bien diseñados, que influyan más en la calidad que en la cantidad del aprendizaje conseguido
Cox-Petersen et al., 2003	Satisfacción obtenida en la visita	Observación directa y grabaciones	Alumnado y profesorado valoran muy positivamente la visita	Aspectos a mejorar: visitas menos estructuradas, investigación individual y reflexión grupal en la visita
Pedretti, 2004	Contribución de los módulos «basados en ideas» a la comprensión del fenómeno.	Entrevistas, cuestionarios y grabaciones	Aprendizaje significativo que incluía conceptos, procedimientos y aspectos de NC	Nuevas exhibiciones «basadas en ideas/tema» en contraposición a los módulos tradicionales «basados en fenómenos».
Falcao et al., 2004	Potencial educativo de una exhibición con un enfoque basado en modelos.	Cuestionarios pre y post-visita	Los modelos utilizados por el alumnado fueron modificados en su mayoría	Los «enfoques de modelos» son también útiles para evaluar el aprendizaje conseguido tras la visita
Lemelin y Benzce, 2004	Evolución pedagógica de los monitores del museo	Estudio de casos, con entrevistas y observación	No se relacionaban demasiado los contenidos del taller con los del currículo escolar	Cooperación entre personal del museo y los maestros/as para ayudarles a diseñar pequeñas investigaciones que hagan el aprendizaje efectivo

Las investigaciones sobre problemas generales de los MC indican una evolución tanto en los objetivos como en la metodología de investigación. Se asume un cambio progresivo en la concepción del aprendizaje de la ciencias desde posiciones transmisivas, pasando por concepciones inductivistas, hacia posiciones de modelos de aprendizaje constructivista y de aprendizaje colaborativo (Lucas, 1983; Falk y Dierking, 1992; Anderson, Lucas y Ginns, 2003; Rennie y Johnston, 2004). Se muestra la insuficiencia de los métodos de investigación de la enseñanza formal para realizar investigaciones en contextos no formales (Beetlestone et al., 1998) y las dificultades de metodologías excesivamente intervencionistas o con alto grado de inferencia (Lucas et al., 1986; McManus, 1992). Así mismo, los objetivos de las investigaciones se han ido diversificando desde estudios de audiencia y una atención casi exclusiva a la interacción visitante-módulo y su aprendizaje (Lucas et al., 1986; Feher y Rice, 1992; Tuckey, 1992), hacia el análisis de otros aspectos como las actitudes del visitante respecto a la ciencia (Salmi, 2003; Talisayon, 1998), el papel de profesores y monitores (Griffin y Symington, 1997; Lemelin y Bencze, 2004) y el diseño de tiempos y espacios para visitas estructuradas que permitan controlar el propio aprendizaje (Cox-Petersen et al., 2003).

Respecto a las investigaciones sobre museos de ciencias y visitas escolares, hay que resaltar el interés por este aspecto concreto de la problemática de los MC que queda reflejado en el aumento del número de investigaciones al respecto (McManus, 1992). Se han realizado investigaciones sobre múltiples aspectos tales como los contenidos de los museos y su relación con el currículo escolar (Tomlin, 1990; Morentin y Guisasola, 2004), el aprendizaje logrado en las visitas escolares (Anderson et al., 2003) y el papel de un diseño adecuado de la visita (Henriksen y Jorde, 2001; Falcao et al., 2004). A continuación indicaremos algunas conclusiones de estos trabajos.

Las investigaciones analizadas concluyen que las visitas escolares a los museos de ciencias generan actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje. Este parece ser uno de los valores principales de las exposiciones: crear ambientes que estimulen el aprendizaje y motivar a los estudiantes hacia la ciencia.

Sin embargo, las investigaciones revisadas muestran que el aprendizaje de conceptos y la comprensión de problemas complejos no es el principal efecto de las exposiciones de los museos. Aunque diferentes investigaciones indican que muchos estudiantes reemplazan algunas de sus ideas de sentido común, parece que en algunos casos también se generan otras concepciones alternativas. Así mismo, la mayoría de los estudiantes no son capaces de integrar los nuevos conceptos en explicaciones y justificaciones científicas de los problemas planteados en las exposiciones. Estas mismas investigaciones advierten de que no se debe esperar de «sólo una visita» cambios estructurales espectaculares en el aprendizaje de los visitantes.

Los estudiantes no siempre utilizan los diferentes bloques de información suministrados en la visita con el

objetivo que los profesores y diseñadores de las exposiciones esperan. Es difícil que el escolar estructure la información con la intencionalidad que se pretende. Los estudios analizados encuentran que los escolares pueden adquirir información factual y conceptual después de interaccionar con un conjunto de módulos que contienen conceptos científicos relacionados, pero un desarrollo conceptual significativo sólo ocurre cuando la visita es explícitamente conectada con objetivos de aprendizaje que relacionen la actividad escolar y la visita al museo (Falk, 1997).

Las investigaciones sobre MC y visitas escolares indican que es necesario integrar la visita en la programación del aula, para que se obtengan resultados de aprendizaje que vayan más allá de los contenidos actitudinales. De ahí la importancia de implicar al profesorado que organiza la salida con sus estudiantes, en la preparación y adaptación de la oferta del museo a sus propios objetivos de aprendizaje. Sin embargo, el diseño de visitas escolares que sirvan de puente entre el conocimiento escolar (currículo) y el no formal (alfabetización científica) no es una tarea fácil, ni obvia, y exige la colaboración entre los educadores del museo, el profesorado y los investigadores en enseñanza de las ciencias. Es necesario definir explícitamente los objetivos de aprendizaje actitudinales, procedimentales y conceptuales para diseñar materiales didácticos que vayan más allá de las tradicionales visitas escolares a los museos de ciencias (Lemelin y Bencze, 2004; Pedretti, 2004; Guisasola et al., 2005; Parcerisa, 2006). Por ejemplo, se debe poner especial énfasis en cuestiones relacionadas con el enfoque CTSA y en las características contemporáneas de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, aspectos que en la enseñanza escolar tienen dificultades de desarrollar por, entre otros, falta de medios apropiados y tiempo.

Lo anterior nos lleva a considerar otro aspecto relacionado con la formación didáctica del profesorado en relación con su formación en procesos de enseñanza/aprendizaje en contextos no formales y visitas a MC. En la formación inicial y continua en enseñanza de las ciencias, se analizan aspectos relativos a la educación formal (unidades didácticas, materiales y estrategias, actividades, etc., para desarrollar en el aula), pero no se reflexiona sobre la importancia de relacionar todos los aprendizajes que los alumnos y alumnas obtienen de fuentes no formales con el currículo establecido; además, tampoco se realizan trasposiciones didácticas (relación teoría-práctica) en las que el futuro profesorado tenga que integrar, dentro de su programación concreta de aula, salidas de campo o visitas a museos y centros de ciencia (Wamba et al., 2006).

Por tanto, teniendo en cuenta la importancia que la enseñanza no formal está adquiriendo y los resultados de la investigación en esta área, pensamos que será necesario proveer al futuro profesorado de ciencias de las habilidades y conocimientos necesarios para diseñar visitas a centros interactivos de ciencia, que produzcan en los escolares aprendizajes significativos, tanto en el aspecto afectivo y procedimental, como en el cognitivo y sociopersonal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, S. (2004). Designs for Learning: Studying Science Museum Exhibits that do more than entertain. *Science Education*, 88, S1, pp. 17-33.
- ANDERSON, D. y LUCAS, K.B. (1997). The effectiveness of orienting students to the physical features of a Science Museum prior to visitation. *Research in Science Education*, 27(4), pp. 485-495.
- ANDERSON, D., LUCAS, K.B., GINNS, I.S. y DIERKING, L.D. (2000). Development of knowledge about Electricity and Magnetism during a visit to a Science Museum and related post-visit activities. *Science Education*, 84(5), pp. 658-679.
- 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), pp. 177-199.
- BEEBLESTONE, J.G., JOHNSON, C.H., QUIN, M. y WHITE, H. (1998) The Science Center movement: contexts, practice, next challenges. *Public Understanding of Science*, 7, pp. 5-26.
- BORUN, M., MASSEY, C. y LUTTER, T. (1993). Naive knowledge and the design of science museum exhibits. *Curator*, 36(3), pp. 201-219.
- BRADBURNE, J.M. (1998). Dinosaurs and white elephants; the Science Centre in the 21st century. *Museum Management and Curatorship*, 17(2), pp. 119-137.
- BROOKE, H. y SOLOMON, J. (2001). Passive visitors or independent explorers: Responses of pupils with severe learning difficulties at an interactive science centre. *International Journal of Science Education*, 23(9), pp. 941-933.
- COX-PETERSEN, A.M., MARSH, D.D., KISIEL, J. y MELBER, L.M. (2003). Investigation of guided school tours, student learning and science reform recommendations at a Museum of Natural History. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), pp. 200-218.
- CUESTA, M., DÍAZ, P., ECHEVARRÍA, I., MORENTIN, M. y PÉREZ, C. (2000). Los museos y centros de ciencia como ambientes de aprendizaje. *Alambique*, 26, pp. 21-28.
- DIERKING, L.D., LUKE, J.J. y BÜCHNER, K.S. (2003). Science and technology centres –rich resources for free-choice learning in a knowledge-based society. *Int. Journal Technology Management*, 25(5), pp. 441-459.
- DUSCHL, R.A. (1990). *Restructuring science education*. Teacher College Press. Nueva York: Universidad de Columbia.
- FALCAO, D., COLINVAUX, D. y KRAPAS, S. (2004). A model-based approach to science exhibition evaluation: a case study in a Brazilian astronomy museum. *International Journal of Science Education*, 26(8), pp. 951-978.
- FALK, J.H., MARTIN, W. y BALLING, J.D. (1978). The novel field trip phenomenon: Adjustment to novel setting interferes with task learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(2), pp. 127-134.
- FALK, J.H., KORAN, J.J. y DIERKING, L.D. (1986). The things of science: assessing the learning potential of science museums. *Science Education*, 70(5), pp. 503-508.
- FALK, J.H. y DIERKING, L.D. (1992). *The museum experience*. Washington D.C.: Whalesback Books.
- FALK, J.H. (1997). Testing a museum exhibition design assumption: Effect of explicit labeling of exhibit cluster on visitor concept development. *Science Education*, 81, pp. 679-687.
- FEHER, E. y RICE, K. (1988). Shadows and anti-images: children's conceptions of light and vision. *Science Education*, 72(5), pp. 637-649.
- FEHER, E. y RICE, K. (1992). Children's conceptions of color. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(5), pp. 505-520.
- FERNÁNDEZ, G. y BENLLOCH, M. (2000). Exposiciones interactivas: cómo reacciona el público. *Museum Internacional*, 208, 52(4), pp. 53-59.
- FINDLEN, P. (1994). *Possessing nature: Museums, collecting and scientific culture in early modern Italy*. Los Angeles: University Press.
- GIL, D., VILCHES, A., GONZÁLEZ, M. y EDWARDS, M. (2004). Las exposiciones y museos de ciencias como instrumentos de reflexión sobre los problemas del planeta. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación Científica*, 1(1), pp. 66-69.
- GILBERT, J. y PRIEST, M. (1997). Models and discourse: a primary School Science class visit to a Museum. *Science Education*, 81(6), pp. 629-793.
- GRIFFIN, J. y SYMINGTON, D. (1997). Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museums. *Science Education*, 81(6), pp. 763-779.
- GRIFFIN, J. (1998). Learning science through practical experiences in museums. *Internat. Journal of Science Education*, 20(6), pp. 655-663.
- GUISASOLA, J. y INTXAUSTI, S. (2000). Museos de ciencia y educación científica: una perspectiva histórica. *Alambique*, 26, 7-14.
- GUISASOLA, J. y MORENTIN, M. (2005). Museos de ciencias y aprendizaje de las ciencias: una relación compleja. *Alambique*, 43, pp. 58-66.
- GUISASOLA, J., AZCONA, R., ETXANIZ, M., MUJICA, E. y MORENTIN, M. (2005). 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), pp. 19-32, en <http://www.apac-eureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_1/Vol_2_Num_1.htm>.
- GUISASOLA, J., MORENTIN, M. y ZUZA, K. (2005). School visits to science museums and learning sciences: a complex relationship. *Physics Education*, 40 (6), pp. 544-549.
- HEIN, G.E. (1998). *Learning in the Museum*. Londres: Routledge.
- HENRIKSEN, E.K. y JORDE, D. (2001). High School students' understanding of radiation and the environment: can museum play a role? *Science Education*, 85, pp. 189-206.

- HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.
- HODSON, D. (1996). Practical work in school science: exploring some directions for change. *Intern. Journal of Science Education*, 18(7), pp. 755-760.
- HOFSTEIN, R. y ROSENFELD, S. (1996). Bringing the gap between formal and informal science learning. *Studies in Science Education*, 28, pp. 87-112.
- JANOUSEK, I. (2000). The context museum: Integrating science and culture. *Museum International*, 52(4), pp. 21-24.
- JEFFERY-CLAY, K.R. (1998). Constructivism in museum: how museum create meaningful learning environments. *Journal of Museum Education*, 1(3), pp. 3-7.
- KUBOTA, C.A. y OLSTAD, R.G. (1991). Effects of novelty-reducing preparation on exploratory behavior and cognitive learning in a science museum setting. *Journal of research in Science Teaching*, 28(3), pp. 225-234.
- KOSTER, E.H. (1999). In search of relevance: Science centers as innovators in the evolution of museums. *Daedalus*, 28(3), pp. 277-296.
- LEMELIN, N. y BENCZE, L. (2004). Reflection-on-action at a science and technology-museum: findings from a university museum partnership. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(4), pp. 468-481.
- LUCAS, A.M. (1983). Scientific literacy and informal learning. *Studies in Science Education*, 10, pp. 1-36.
- LUCAS, A.M., McMANUS, P. y THOMAS, G. (1986). Investigating learning from informal sources: Listening to conversations and observing play in science museums. *European Journal of Science Education*, 8(4), pp. 341-352.
- LUCAS, K.B. (2000). One teacher's agenda for a class visit to an interactive Science Center. *Science Education*, 84(4), pp. 524-544.
- McCOMAS, W.F. (1998). *The nature of science in science education: Rationales and strategies*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- McMANUS, P.M. (1992). Topics in museums and science education. *Studies in Science Education*, 20, pp. 157-182.
- MEMBIELA, P. (1997). Alfabetización científica y ciencia para todos en la educación obligatoria. *Alambique*, 13, pp. 37-44.
- MORENTIN, M., GUIASOLA, J. (2004). Los centros de ciencia y su relación con el currículum escolar. *Actas de los Encuentros de Didáctica de las Ciencias*. Bilbao: Universidad del País Vasco.
- OPPENHEIMER, F. (1968). A rationale for a science museum. *Curator*, 11(3), pp. 206-209.
- ORION, N. y HOFSTEIN, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(10), pp. 1.097-1.119.
- ORION, N., TAMIR, P. y GIDDINGS, G.J. (1997). Development and validation of an instrument for assessing the learning environment of outdoor science activities. *Science Education*, 81, pp. 161-171.
- PARCERISA, A. (2006). Materiales didácticos de los museos: un recurso para el aprendizaje. *Aula de innovación educativa*, 148, pp. 23-27.
- PEDRETTI, E. (2002). T. Kuhn meets T. Rex: Critical conversations and new directions in science centres and science museums. *Studies In Science Education*, 37, pp. 1-42.
- PEDRETTI, E. (2004). Perspectives on learning through research on critical issues-based Science Center Exhibitions. *Science Education*, 88, S1, pp. 34-47.
- PÉREZ, C., DÍAZ, M^oP., ECHEVARRÍA, I., MORENTIN, M. y CUESTA, M. (1998). *Centros de ciencia: espacios interactivos para el aprendizaje*. Bilbao: Universidad del País Vasco.
- PRICE, S. y HEIN, G.E. (1991). More than a field trip: science programmes for elementary school groups at museums. *International Journal of Science Education*, 13(5), pp. 505-519.
- RAHM, J. (2004) Multiple modes of meaning-making in a science museum. *Science Education*, 88, pp. 223-247.
- RAMEY-GASSERT, L. y WALBERG, H.J. (1994). Reexamining connections: museums as science learning environments. *Science Education*, 78(4), pp. 345-363.
- RAMEY-GASSERT, L. (1997). Learning Science beyond the Classroom. *The Elementary School Journal*, 97(4), p. 433-451.
- RENNIE, L.J. y McCLAFFERTY, T.P. (1996). Science centres and science learning. *Studies in Science Education*, 27, pp. 53-98.
- RENNIE, L.J. y JOHNSTON, D.J. (2004). The nature of Learning and its implications for Research on Learning from Museums. *Science Education*, 88, S1, pp. 4-16.
- SALMI, H. (2003). Science centres as learning laboratories: experiences of Heureka, the Finnish Science Centre. *Internat. Journal Technology Management*, 25(5), pp. 460-476.
- SHIELDS, CH.J. (1992). Science Museums: Education or Entertainment? *Curriculum Review*, pp. 9-12.
- SMITH, W.S., McLAUGHLIN, E. y TUNNICLIFFE, S.D. (1998). Effect on Primary level students of Inservice Teacher Education in an informal Science setting. *Journal of Science Teacher Education*, 9(2), pp. 123-142.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1997). STS interactions and the teaching of Physics and Chemistry. *Science Education*, 81(4), pp. 337-386.
- STEIN, S.J. y McROBBIE, C.J. (1997). Students' conceptions of science across the years of schooling. *Research in Science Education*, 27(4), pp. 611-628.
- TAL, R., BAMBERGER, Y. y MORAG, O. (2005). Guided school visits to natural history museums in Israel: Teacher's roles. *Science Education*, 89(6), pp. 920-935.
- TALISAYON, V.M. (1998). Evaluation of clientele impact of science exhibits. *Science Education International*, 9(1), pp. 31-36.

- TOMLIN, N. (1990). Interactive science centres and the national curriculum. *Journal of Education in Museums*, 11, pp. 12-15.
- TUCKEY, C. (1992). Children's informal learning at an interactive science centre. *International Journal of Science Education*, 14(3), pp. 273-278.
- VARELA, C., STENGLER, E. (2004). Los museos interactivos como recurso didáctico: el museo de las ciencias y el cosmos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(1).
- WAGENSBERG, J. (2000). Principios fundamentales de la museología científica moderna. *Alambique*, 26, pp. 15-20.
- WAMBA, A.M^a, AGUADED, S. y CUENCA, J.M. (2006). Las actividades prácticas en museos de ciencia y centros de interpretación: ¿cómo orientarlas desde una perspectiva holística? *Alambique*, 47, pp. 74-81.
- WELLINGTON, J. (1990). Formal and informal learning in science: the role of the interactive science centres. *Physics Education*, 25, pp. 247-252.

[Artículo recibido en febrero de 2006 y aceptado en octubre de 2006]