

01071

4



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**EL MUSEO DE LAS CIENCIAS: UN APOYO
A LA ENSEÑANZA FORMAL**

T E S I S

**PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN ENSEÑANZA SUPERIOR**

**P R E S E N T A:
ELAINE REYNOSO HAYNES**

ASESORA: DRA. SARA ROSA MEDINA

27/2/00



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A los que viven conmigo y hacen de mi casa, un hogar:

mi esposo Rubén: tu sabiduría natural, tu fortaleza, tu apoyo y tu cariño, me dan energía para seguir luchando.

mis hijos Gerardo y Lucía Carolina: son la luz de mi vida y lo que más quiero.

A mis papás, Fernando y Carol: por estar siempre para mí, espero tenerlos mucho tiempo.

mis hermanos, Rosalinda, Cristina y Fernando. cada uno le ha dado a mi vida un color especial.

A Mago: tu carácter alegre, así como el cariño y la dedicación que le das a mi familia, te han hecho parte de ella y me han permitido hacer tantas cosas.

los amigos verdaderos: son un verdadero tesoro.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a:

La Dra. Sara Rosa Medina, asesora de esta tesis, por su interés en mi trabajo y sus consejos, no sólo en el terreno académico.

El Dr. Jorge Flores Valdés por haberme invitado a participar en el gran proyecto que fue UNIVERSUM, por todo su apoyo y por la confianza que depositó en mí.

A los amigos y compañeros que compartieron conmigo esta aventura y experiencia inolvidable.

A mis amigos y colegas: Carmen Guerra, Enrique Fierro, Carmen Sánchez y Ana María Sánchez por tantas discusiones enriquecedoras y sus valiosas contribuciones a este trabajo.

Al jurado: la Dra. Sara Rosa Medina, el Dr. Jorge Flores, el Dr. Aguirre Cárdenas, la Dra. María Esther Aguirre y la M. en C. Ana María Sánchez por haber leído esta tesis con interés y por sus sugerencias.

A la UNAM por la licencia otorgada para la realización de esta tesis.

ÍNDICE

Agradecimientos

Prólogo.....	1
--------------	---

INTRODUCCIÓN: LA ENSEÑANZA Y LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

i. Presentación.....	4
i i. La necesidad de la divulgación de la ciencia.....	7
iii. La relación entre la enseñanza y la divulgación de la ciencia.....	9
iv. Los medios para divulgar la ciencia.....	11
v. El potencial didáctico de un museo de ciencias.....	14

CAPÍTULO I

LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN UN MUSEO INTERACTIVO DE CIENCIAS

1.1 Introducción.....	16
1.2 El uso de la evaluación en las distintas etapas de desarrollo de una exposición.....	17
Evaluación previa.....	19
Evaluación formativa.....	20
Evaluación sumativa.....	23
Evaluación remedial.....	24
1.3 Un modelo para analizar el aprendizaje en un museo interactivo.....	27
1.4 La aplicación de los resultados del contexto formal al no-formal y del no-formal al formal.....	32

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO: LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA CIENCIA

2.1 Introducción.....	33
2.2 El desarrollo intelectual del receptor y la construcción del conocimiento.....	36
2.2.1 Hacia la construcción de un marco teórico.....	36
2.2.2 Piaget y la Teoría de la Epistemología Genética.....	38
2.3 Aplicación de la Teoría de la Epistemología Genética a la enseñanza de las ciencias.....	43

2.3.1	2.3.1 Criterios Generales	43
2.3.2	2.3.2 Recomendaciones para la enseñanza de la ciencia para niños de preescolar.....	44
2.3.3	2.3.3 Recomendaciones para la enseñanza de la ciencia para alumnos que se encuentran en la etapa de operaciones concretas.....	45
2.3.4	2.3.4 Recomendaciones para la enseñanza de la ciencia para formales.....	46
2.3.5	2.3.5 El diseño curricular con base en el desarrollo intelectual de los estudiantes.....	47
2.4	2.4 El contenido de las ideas de las personas	50
2.4.1	2.4.1 La necesidad de conocer el contenido de las ideas	50
2.4.2	2.4.2 La interpretación del conocimiento previo de los alumnos	54
2.4.3	2.4.3 Los esquemas alternativos.....	62
2.4.3.1	2.4.3.1 Origen de los esquemas alternativos	62
2.4.3.2	2.4.3.2 Características de las concepciones alternativas	63
2.4.3.3	2.4.3.3 Cómo explorar las ideas de las personas	66
2.5	2.5 El cambio conceptual.....	71
2.5.1	2.5.1 Hacia el cambio conceptual	71
2.5.2	2.5.2 Diferencias entre las concepciones alternativas y el conocimiento científico.....	72
2.5.3	2.5.3 El cambio conceptual desde diferentes perspectivas filosóficas.....	75
2.5.3.1	2.5.3.1 Las diferentes perspectivas filosóficas	75
2.5.3.2	2.5.3.2 La postura epistemológica y su relación con la práctica docente.....	77
2.5.3.3	2.5.3.3 La interpretación del cambio conceptual	79
2.5.3.4	2.5.3.4 Estrategias para el cambio conceptual	84
2.5.3.5	2.5.3.5 Conclusiones.....	88

CAPÍTULO III

EL APRENDIZAJE EN UN MUSEO INTERACTIVO DE CIENCIA

3.1	3.1 Introducción.....	90
3.2	3.2 El museo: un ambiente ideal para el aprendizaje	91
3.2.1	3.2.1 La medición del aprendizaje en un museo	93
3.2.2	3.2.2 Hacia una nueva experiencia de aprendizaje	97
	Museos de primera generación.....	98
	Museos de segunda generación.....	98
	Museos de tercera generación.....	99
	Museos de cuarta generación.....	99
3.3	3.3 La creación de la experiencia interactiva.....	100
3.3.1	3.3.1 La construcción de la experiencia interactiva	100

3.3.2	El equipo de trabajo.....	101
3.3.3	La etapa de planeación de la experiencia interactiva.....	103
3.3.3.1	Las etapas de desarrollo de una exposición.....	103
3.3.3.2	La definición del tema, los objetivos, el mensaje y el público meta.....	103
3.3.3.3	Análisis de las ideas previas.....	104
3.3.3.4	Estilos de aprendizaje.....	106
3.3.3.5	Recomendaciones para la planeación de la experiencia interactiva.....	107
3.3.4	El diseño y la construcción de la exposición.....	109
3.3.5	La etapa de ocupación.....	111
3.3.5.1	Características de la fase de ocupación.....	111
3.3.5.2 a	Diferentes públicos.....	112
3.3.5.2 b	Las familias en los museos.....	113
3.3.5.2 c	La experiencia de grupos.....	114
3.3.5.2 d	La experiencia en relación al género.....	117
3.3.5.2 e	La evaluación remedial.....	120
3.4	La relación museo-escuela.....	121
3.4.1	Ventajas de una visita escolar.....	121
3.4.2	La planeación de la visita.....	121
3.4.3	Trabajo con los maestros.....	123
3.4.4	Capacitación de los anfitriones.....	125
3.4.5	El museo como un laboratorio para aprender sobre cómo aprenden las personas.....	126
3.5	La misión de los museos de ciencia.....	128

CAPÍTULO IV

UNIVERSUM, EL MUSEO DE LAS CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

4.1	Introducción.....	130
4.2	El proyecto "Museo de las Ciencias".....	130
4.3	Las bases de un marco conceptual.....	133
4.4	El marco conceptual del proyecto <i>UNIVERSUM</i>	140
4.5	<i>UNIVERSUM</i> hoy.....	144

CAPÍTULO V

UNA PROPUESTA PARA UTILIZAR EL MUSEO COMO APOYO DIDÁCTICO

5.1	Introducción.....	147
5.2	El desarrollo de un exposición sobre electromagnetismo.....	150
5.2.1	Descripción de la exposición.....	150
5.2.2	Estudio del público meta en relación al tema.....	154

5.2.3 Metodología.....	159
5.2.4 Resultados.....	162
5.2.5 Sugerencias para apoyar el proceso de cambio conceptual en este tema.....	169
5.3 La relación con el sector educativo.....	170
5.3.1 La adaptación del mensaje del museo a diferentes niveles educativos.....	170
5.3.2 El trabajo con los diferentes niveles de la jerarquía educativa.....	173
5.3.3 La relación con el nivel medio superior.....	174
5.3.4 Sugerencias para estrechar la relación con el sector educativo.....	176
5.4 El museo del futuro y su función educativa.....	178
5.4.1 La evolución de los museos de ciencia.....	178
5.4.2 El uso de la tecnología en los museos.....	182
5.4.3 El museo y su público: el visitante, el usuario o el cliente.....	183
5.4.4 Problemas a los que se enfrentan los museos actuales.....	184
5.5 El museo del siglo XXI.....	185
CONCLUSIONES FINALES.....	189
BIBLIOGRAFÍA.....	192

PRÓLOGO

El fomentar una cultura científica nacional implica gran esfuerzo conjunto que involucra a los que producen el conocimiento científico, a los que lo enseñan y a los que lo divulgan. Una sociedad con cultura científica se caracteriza no sólo porque sus individuos tienen ciertos conocimientos básicos, sino también porque han reflexionado sobre cómo se hace la ciencia, pueden distinguir entre lo que es ciencia y lo que no es y poseen elementos de juicio para poder tomar decisiones (a nivel personal y colectivo) sobre asuntos relacionados con la ciencia y sus aplicaciones.

Para lograr este objetivo, es necesario estrechar lazos entre la comunidad científica, la de los docentes y la de los divulgadores, aunque sus actividades, la investigación, la docencia y la divulgación respectivamente tengan objetivos, espacios y tiempos propios.

Si bien el discurso de la ciencia que se enseña y el que se divulga tienen sus características particulares, ambas actividades requieren de un gran esfuerzo intelectual y creativo, ya que las explicaciones que se ofrecerán, ya sea a los estudiantes o al público, tiene que ser sencillas y claras, pero sin perder veracidad. Esto es mucho más difícil que sencillamente eliminar términos complicados y expresiones matemáticas, puesto que en este proceso de simplificación se puede llegar a omitir información que es fundamental para entender el concepto correctamente. El proceso de simplificación implica una recreación del discurso de la ciencia para comunicarlo a no-científicos, para lo cual es preciso contar con un marco teórico que sustente todo el proceso desde su planeación hasta su evaluación.

Considero que hasta ahora, tanto la enseñanza, como la divulgación de la ciencia se han caracterizado por un padecimiento común: el exceso de empirismo e improvisación. A pesar de que en el caso de la enseñanza de la ciencia se cuenta con un bagaje teórico bastante respetable que ha servido de sustento para muchas propuestas en este campo, en la práctica docente es frecuente que impere la "pedagogía espontánea", basada más bien en el sentido común. Existe la tendencia a pensar que basta con que el maestro conozca bien la materia que imparte, sin importar la forma en que la enseña, empleando métodos que se califican como tradicionales, es decir, enseña de la misma manera en que fue enseñado. La literatura en enseñanza de la ciencia, muestra ampliamente los resultados poco satisfactorios de esta tendencia.

El empirismo en la divulgación suele imperar en todo el proceso. Las bases teóricas y metodológicas son, en mi opinión, aún incipientes. Los intentos por establecer bases para su planeación, realización y evaluación, son relativamente recientes. La heterogeneidad en los criterios esgrimidos para esta tarea son tan diversos como los integrantes de la comunidad de divulgadores y los proyectos que realizan. El resultado de esta variedad es la dificultad para llegar a consensos en cuanto a cómo se debe llevar a cabo esta tarea y sobre cómo se debe evaluar tanto el producto como al que lo realizó.

En esta tesis se hace un análisis sobre cómo se debe dar esta recreación del discurso de la ciencia para la enseñanza y para la divulgación en museos con el propósito de plantear las bases de un marco teórico que permita vincular las dos actividades. Se toma como punto de partida algunos lineamientos teóricos desarrollados para la enseñanza de la ciencia en el contexto formal, así como para la divulgación de la ciencia en museos interactivos y se parte de tres premisas básicas:

- 1) La construcción del conocimiento es el resultado de nuestra interacción con el mundo natural, social y cultural en que vivimos.
- 2) Este proceso de construcción del conocimiento es gradual y continuo y toda experiencia contribuye en mayor o menor grado.
- 3) El aprendizaje no debe ser sólo en el terreno cognitivo, sino también afectivo y de desarrollo de habilidades.

Se muestran aplicaciones de estas bases teóricas a los museos interactivos de ciencia. Los ejemplos que se presentan son experiencias propias compartidas con varios colegas a lo largo del proceso de creación de UNIVERSUM (el Museo de las Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México), del desarrollo de varias exposiciones itinerantes y de la operación de UNIVERSUM, durante los primeros cinco años de su existencia. Muchos de los resultados presentados son el producto del trabajo del Gabinete de Planeación de Enseñanza no-formal, el cual coordiné desde el inicio del Proyecto Museo de las Ciencias hasta finales de 1997, cuando el Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia (CUCC), del cual dependían tanto UNIVERSUM, como el Museo de la Luz, se transformó en la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC), por mandato del entonces rector el Dr. Francisco Barnés.

A continuación se presenta un resumen de la tesis.

En la introducción se argumenta sobre la necesidad de divulgar la ciencia. Se analiza la relación entre la enseñanza y la divulgación de la ciencia comentando sus similitudes y sus diferencias. También se mencionan las características particulares de cada uno de los medios empleados para la divulgación.

En el capítulo I se hace una presentación de cómo se emplea la investigación educativa en un museo. Se muestra el tipo de investigación que se lleva a cabo en cada etapa de desarrollo de una exposición y cómo los resultados obtenidos se utilizan en la planeación, diseño, realización y evaluación de los productos individuales y de la exposición como un todo.

En el capítulo II se proponen ciertas bases para el desarrollo de un marco teórico para la enseñanza de la ciencia en el contexto formal, considerando los siguientes aspectos:

- a) el nivel de maduración biológica e intelectual de los sujetos
- b) el contenido de sus ideas
- c) cómo se encuentra estructurado este conocimiento
- d) cómo influye este conocimiento previo (a la instrucción o a la divulgación) en la interpretación del mensaje
- e) la aplicación de este marco teórico para la enseñanza de la ciencia

En el capítulo III se presenta el museo como un ambiente de aprendizaje y se discute cómo y qué se aprende en éste. Se muestra un modelo para la creación de la experiencia interactiva en un museo, desde la planeación hasta la evaluación final. Se analizan diferentes formas de explotar el potencial didáctico de este medio y se hace una propuesta para utilizarlo como apoyo a la enseñanza formal.

En el capítulo IV se presenta un caso particular de un proyecto de divulgación, el de UNIVERSUM, Museo de las Ciencias de la UNAM, desde su gestación hasta su apertura y la relación con el público.

En el capítulo V se presentan ejemplos de aplicación de este marco teórico en:

- a) el desarrollo de una exposición interactiva de ciencia
- b) la capacitación del personal que interactúa con el público
- c) la relación con el sector educativo

Para terminar se hace una reflexión sobre cómo han evolucionado los museos, así como el museo del futuro y su función educativa.

INTRODUCCIÓN

LA ENSEÑANZA Y LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

I. PRESENTACIÓN

Hoy en día, el apoyo a la ciencia y la tecnología se incluye como un punto básico de todo programa de trabajo de los gobiernos, debido a que se consideran factores indispensables para el desarrollo social, económico y cultural de un país. Es bien conocido que los países denominados desarrollados son también los más evolucionados en el aspecto científico y tecnológico. Esto se debe, por supuesto, a una situación privilegiada, en comparación con otros países, en el terreno económico, así como de claridad y políticas adecuadas. Este estado de desarrollo en las áreas mencionadas también es el resultado del esfuerzo acumulado de varias generaciones de científicos y técnicos, para lo cual es preciso que la comunidad científica alcance una masa crítica y un alto nivel de madurez. Lo anterior requiere por supuesto, de condiciones de trabajo favorables en lo que se refiere a salarios, infraestructura y oportunidades de superación. Además, se tiene que pensar en la continuación de dicha comunidad a través de la formación de futuros profesionistas.

La comunidad científica no es un ente aislado pertenece a una sociedad, la cual estará más o menos dispuesta a apoyar a dicha comunidad en la medida en que entienda el porqué de su existencia y su función dentro de la sociedad a corto, mediano y largo plazo. Por todo lo expuesto, diferentes instituciones gubernamentales, educativas, culturales e industriales, están impulsando diversos proyectos tendientes a incorporar la ciencia a la cultura general de todo ciudadano y a mejorar, en todos los niveles educativos, la enseñanza de la misma.

A pesar de los grandes esfuerzos, desde hace ya varias décadas, no sólo en México, sino también en el resto del mundo los resultados no han sido muy satisfactorios. Diversos autores afirman que la cultura científica de la población en general es escasa, tanto en México (Jara, 1990) como en otros países (Grinnell, 1992)². Volpe (Volpe, 1984)³ señala la ignorancia del público en cuanto a los límites y alcances de la ciencia y manifiesta su preocupación porque, con frecuencia, lo que el público piensa que es ciencia, o lo que le interesa de ésta, son los aspectos espectaculares y sensacionalistas. Ocurre que en ocasiones lo que se considera como noticia científica, difícilmente se podría calificar como tal, por ser el resultado de información distorsionada, mal interpretada o mal transmitida y que no ha sido avalada por expertos en el tema.

¹ Jara, G. S. (1990). "La enseñanza de la física en primaria (un estudio de sexto grado en el Estado de Michoacán)". *Revista Mexicana de Física*. 36 no 3 431-445

² Grinnell, S. (1992). *A New Place for Learning Science*. Association of Science and Technology Centers (ASTC), Washington, D. C.

³ Volpe, E. P. (1984). "The Shame of Science Education" *Amer Zool* 24, 439-441

Por otro lado, la supervivencia de la comunidad científica misma se ve amenazada, no sólo por el reducido número de científicos y técnicos en la actualidad (Jara, 1990) sino también por el descenso en la inscripción a carreras científicas y técnicas, situación que se vuelve más crítica a nivel de posgrado. El problema se torna aún más preocupante cuando se analiza la situación educativa general del país. En su penúltimo informe de gobierno (1^o de septiembre de 1999), el Presidente Zedillo presenta con orgullo algunos indicadores de los avances en materia de educación en México. Comenta que en 1970, el promedio de escolaridad fue de 3.4 años y hoy es de 7.7. Sin embargo, señala, no se ha alcanzado la meta de 9 años de educación básica obligatoria. Afirma que la educación básica no es suficiente y que aún existe la deserción escolar debido a problemas de salud, fundamentalmente como consecuencia de la mala nutrición o porque los alumnos tienen que trabajar. Esta deserción es más elevada en el caso de las niñas. Menciona varios programas diseñados para mejorar la calidad de la educación y para apoyar a las familias más necesitadas con el fin de disminuir la deserción.

En su respuesta a dicho informe, el diputado Carlos Medina Plasencia cuestiona la calidad de esta educación y se pregunta si es la que se requiere como base del desarrollo del país. Critica severamente el estado de miseria de los sectores marginados, que también se aplica al estado de su educación. Difícilmente se puede estar en desacuerdo con estos señalamientos.

En cuanto a la educación superior, el Presidente presenta datos para mostrar que ha habido un incremento de la oferta a nivel superior y comenta que hay inscritos 520,000 estudiantes más que hace 5 años. Lo que no dice es qué tan significativo es éste en relación al incremento en la población. Tampoco se analiza la situación de la eficiencia terminal y lo que es aún más preocupante, las oportunidades de empleo de las futuras generaciones. Si bien el ingreso es claramente un problema social y político, el egreso y las oportunidades de empleo se diluyen convenientemente para el sistema en problemas personales.

El problema de la educación nacional es altamente complejo y depende de muchos factores que rebasan la competencia de las autoridades educativas. Sin embargo, si les corresponde hacerse la pregunta de que si a lo largo del paso de los estudiantes por la escuela obtienen la formación que requieren a nivel personal y el país en general. En este trabajo se abordará un aspecto específico de este problema, el de la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia y la tecnología. Este interés particular obedece a que los temas relacionados con estas áreas del conocimiento presentan dificultades excepcionales tanto para los docentes como para los alumnos. Por ejemplo, diversos estudios señalan que las materias en las cuales se reporta el más alto índice de reprobación son física y matemáticas (Zamarrón, 1992)⁴. Existe un rechazo bastante generalizado hacia este tipo de cursos y se ha reportado que muchos estudiantes, al elegir su profesión, buscan alguna que tenga poco o nada que ver con estas áreas del conocimiento. Incluso en el caso de egresados de las escuelas de ingeniería, se ha observado que prefieren

⁴ Zamarrón, G. (1994). *La divulgación de la ciencia en México. Una aproximación*. Serie Cuadernos de Divulgación. Sociedad Mexicana de Divulgación de la Ciencia y la Técnica y CONACYT.

las opciones, en el ejercicio profesional, que requieran poco de estas disciplinas (Jara, 1990). Al tratar de encontrar una explicación a este tipo de resultados, se ha comprobado, tanto en México como en el extranjero, que es muy común observar que el estudiante promedio, a nivel medio e incluso hasta el superior, no es capaz de pensar lógicamente y que su manera de razonar corresponde al estadio concreto de Piaget (Arons, 1983)⁵. Dado al nivel abstracto requerido para entender la información científica, muchos alumnos son incapaces de hacer una reflexión profunda sobre la misma (Volpe, E. P. 1984). Además, en la literatura actual de investigación educativa, existe una gran cantidad de artículos en los cuales se muestra que estudiantes de todos los niveles (incluyendo los de licenciaturas científicas) y por supuesto el público general, mantienen un gran número de errores básicos conceptuales o tienen un conocimiento muy superficial de la materia, a veces aún después de un curso formal (Viennot, 1979)⁶. Es común que se culpe a la escuela primaria por estas deficiencias de los alumnos. Sin embargo, se siguen empleando los mismos métodos rígidos (Jara, 1990), en donde se depende básicamente de libros de texto y de una transmisión oral. Para muchos educadores, este tipo de clases se convierten en clases de vocabulario que dan una imagen poco activa y atractiva a la ciencia (Grinell, 1992). Por ejemplo, es frecuente que los estudiantes de física se esfuercen por memorizar un listado de fórmulas que deberán emplear para resolver problemas que tienen poco o nulo significado para ellos. Esta forma de "enseñar" y de "aprender" se observa, muchas veces, aún en la licenciatura.

Si éste es el estado de conocimiento científico de las personas que aún están estudiando, la pregunta obligada es: ¿cuál será el de las personas que ya no están estudiando o que no pudieron continuar sus estudios? Por otro lado, debido al acelerado avance de la ciencia y la tecnología es casi imposible que el sistema escolarizado se mantenga al día, sobre todo en el caso de problemas muy recientes, como puede ser una epidemia, un temblor, la explosión de un volcán o cualquier otro asunto relacionado con la ciencia y que sea de interés para la población. Por todo lo anterior, es evidente que no se debe esperar que el sistema educativo sea el único responsable de generar una cultura científica en la población y mucho menos de asegurar que un número creciente de jóvenes se interesen por la ciencia (Grinell, 1992), y que tal vez opten por estudiar una carrera científica ó técnica. Es necesario recurrir a los diversos medios de comunicación para mejorar esta situación.

⁵ Arons, A. B. (1983). "Students Patterns of Thinking and Reasoning". *The Physics Teacher*. 9, 576-581.

⁶ Viennot, L. (1979). "Spontaneous Reasoning in Elementary Mechanics". *European Journal of Science Education*. 1, no. 2, 205-221.

II. LA NECESIDAD DE LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

Hoy en día nadie duda de la necesidad de divulgar la ciencia. Sin embargo, en diversos foros se continúa debatiendo sobre diferentes aspectos de la divulgación como son: sus objetivos, su relación con la enseñanza formal y cómo evaluar tanto al divulgador como al producto mismo. A pesar de esta discusión, existe un punto en el cual sí hay consenso y es que la divulgación contribuye al fortalecimiento de una cultura científica de la sociedad.

Miller y Durant (Grinell, 1992) utilizan tres parámetros para evaluar el grado de cultura científica de una persona: a) qué tanto entiende del proceso de la ciencia, b) su manejo de un conjunto de conocimientos básicos de ciencia y c) su capacidad para comprender la función de la ciencia y la tecnología dentro de la sociedad. Utilizando estos criterios, concluyeron que sólo un cinco o seis por ciento de los adultos en Estados Unidos poseen una cultura científica mínima aceptable. Resultados como éste han inquietado a la sociedad de ese país, que se caracteriza por su alto grado de desarrollo científico y tecnológico. Por lo anterior, están conscientes de que no se puede esperar que el sistema escolarizado sea el único responsable de generar esta cultura científica en la población. Esto también es aplicable al resto del mundo, sobre todo en esta época en que todo lo que ocurre en determinado país repercute en los demás.

Los maestros de ciencia, en la mayoría de las escuelas actuales, se enfrentan a varios problemas para enseñar su materia. Algunos de estos problemas se mencionan a continuación:

a) La dificultad que tiene el sistema escolarizado para mantenerse actualizado debido al acelerado avance de la ciencia y la tecnología.

b) La dificultad que tienen los alumnos para imaginarse y comprender todo lo que se encuentra muy alejado de la escala humana como puede ser lo muy grande o lo muy pequeño. Por ejemplo, a nivel astronómico, es difícil imaginarse el tamaño de los planetas, las distancias entre ellos o el tiempo de duración de muchos eventos cósmicos. Con respecto al mundo microscópico, es muy difícil comprender los sucesos a nivel celular, molecular, atómico y subatómico. Lo mismo ocurre con todo lo que se mueve muy rápido, con velocidades cercanas a la velocidad de la luz, o hechos que ocurren en fracciones infinitesimales de segundo, como puede ser la vida media de una partícula elemental.

c) La dificultad para visualizar o imaginarse objetos tridimensionales, que generalmente sólo se ven en dos dimensiones mediante esquemas o fotografías, por ejemplo, la estructura de una proteína, el DNA o una célula. También se pueden mencionar los movimientos relativos de cuerpos astronómicos que ocurren en diferentes planos y no en uno solo plano.

d) La falta de laboratorios adecuados, que permitan al alumno tener una experiencia más directa y concreta para una reflexión posterior.

e) La poca o nula conexión que encuentran los alumnos entre lo que se les enseña y lo que se presenta en muchos libros de texto y su vida cotidiana.

f) Los obstáculos intelectuales que presentan los alumnos para entender ciertos conceptos y

g) El prejuicio más o menos generalizado de que la ciencia es difícil y aburrida. (Reynoso, 1996)⁷.

Debido a esta situación, con frecuencia las escuelas y los maestros que se preocupan por mejorar sus clases, realizan actividades y emplean materiales complementarios a la comunicación verbal y el uso del pizarrón. Muchos de estos recursos son de divulgación, como podrían ser libros, revistas y videos. También es común que se organicen visitas a sitios no-formales como puede ser un zoológico, un jardín botánico o un museo. De estas experiencias, se podría concluir que la divulgación de la ciencia es un complemento importante para la enseñanza formal. Sin embargo, no hay que olvidar que estos recursos fueron planeados y diseñados para el público general y no sólo para los estudiantes, por lo cual cumplen con otros objetivos, no necesariamente ligados al sistema escolarizado. A continuación se mencionarán algunos de estos objetivos.

i) Informar a la población sobre hechos recientes ocurridos en el mundo de la ciencia y la técnica. En ocasiones la sociedad, misma exige a la comunidad científica que le informe y le explique el porque de ciertos hechos, como los sismos, la explosión de un volcán, o una epidemia. Así, se contribuye a la actualización en ciencia y tecnología, de personas ajenas al sistema escolarizado, ya sea porque terminaron sus estudios ó porque no pudieron continuarlos.

Un subconjunto importante de la población corresponde a tomadores de decisiones sobre asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología. Es frecuente que las personas que toman estas decisiones, tengan una formación distinta a la de los científicos o los tecnólogos. También es muy posible que algunas de estas disciplinas, los hayan cursado por última vez antes de ingresar a la licenciatura, por lo cual no sólo no están actualizados, sino que también es probable, por el panorama educativo descrito anteriormente, que su recuerdo de esta materias no sea el mejor. Muchas veces tienen que recurrir a material de divulgación para subsanar estas deficiencias en su cultura general. Esto también es aplicable a los futuros tomadores de decisiones.

Por otro lado, la población requiere ciertos elementos de juicio para participar en la toma de decisiones sobre ciertos problemas relacionados con la ciencia que le afectan. Sólo una población con una cultura científica básica puede discernir entre el amarillismo, el sensacionalismo y lo que es realmente ciencia. Tressel, 1992)⁸ considera que es necesario proporcionar, a toda la población (incluyendo a los futuros tomadores de decisiones) un ambiente más estimulante, que el que por lo general tienen en sus casas, con el fin de despertar el interés y el por la ciencia y su comprensión.

⁷ Reynoso, H. E. (1996). "El potencial didáctico de un museo de ciencias interactivo" *Revista Mexicana de Pedagogía*. Año VI . no. 22, 19-22.

⁸ Tressel, W. G. (1992). "The Role of Informal Learning in Science Education. *A New Place for Learning Science*. ASTC. Washington, D.C. 17-23.

ii) La divulgación de la ciencia sirve para cerrar el abismo entre el público y la comunidad científica. Es común que la imagen que se tiene de los científicos y del quehacer científico sea bastante limitada y en muchas ocasiones hasta negativa. Volpe (1984) reporta que existe una tendencia a considerar a la ciencia como la fuerza deshumanizante de nuestra sociedad. La ciencia es vista, por muchos, como una actividad antiséptica, fría e impersonal, en la cual se utiliza una metodología rigurosa. También es común escuchar que el trabajo del investigador consiste en aplicar el "método científico" a la resolución de problemas, lo cual es una garantía de que los resultados obtenidos son objetivos y correctos. Esta visión del quehacer científico da la impresión de que la ciencia es algo acabado, con una lógica interna indiscutible y niega el aspecto creativo e interpretativo del trabajo del investigador, así como la relación de éste con la comunidad científica a la cual pertenece y de esta comunidad con la sociedad.

En un estudio realizado en la Sala de Química de UNIVERSUM se encontró que los visitantes consideraban que los químicos eran personas que usaban batas blancas, trabajaban en laboratorios con mucha cristalería realizando experimentos que producían humo y que eran los responsables de producir una gran cantidad de sustancias tóxicas y artificiales (sin tomar en cuenta que éstas provienen de productos naturales).

A través de la divulgación se podría acercar al público a la manera de trabajar y pensar de los científicos y así cerrar el abismo que existe entre la comunidad científica y la sociedad en la cual está inmersa.

iii) La divulgación de la ciencia puede contribuir a generar un ambiente más propicio para el desarrollo de la investigación. Al tener una sociedad más culta en este campo del conocimiento, que comprenda la función social de la ciencia y la necesidad de formar cuadros y fortalecer la infraestructura para el futuro, esta estará más dispuesta a apoyar programas en este sentido.

iv) Por último, la divulgación de la ciencia puede ayudar a atraer a más jóvenes hacia carreras científicas y técnicas, contribuyendo a la continuación de la comunidad científica.

III. LA RELACIÓN ENTRE LA ENSEÑANZA Y LA DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

Se han suscitado muchas discusiones en torno a la relación entre la enseñanza formal y la divulgación de la ciencia. En un extremo se encuentran los que opinan que son radicalmente distintas, con propuestas y objetivos propios. En el otro extremo están los que las consideran muy cercanas, calificando a la divulgación como enseñanza no formal y cuyo objetivo fundamental es servir de complemento a la formal. Personalmente, pienso que la frontera entre las dos es muy difusa y que más bien se podrían colocar en un continuo, considerándolas como tareas complementarias en la labor de contribuir a la formación de una cultura

científica de la sociedad. Lo anterior se basa en la creencia de que todas las experiencias que vivimos, no sólo lo que ocurre dentro del salón de clases, contribuyen a la construcción de nuestro conocimiento sobre el mundo en que vivimos (Reynoso, 1997)⁹. David Hawkins (1992)¹⁰ comenta que si la definición de educación abarcara todo lo que han aprendido las personas desde su nacimiento, como resultado de vivir en el mundo natural y el humano, entonces, bajo cualquier criterio utilizado para medir el aprendizaje, el peso de lo logrado antes de los cinco o seis años de edad superaría a todo lo que viene después. Por lo tanto, se podría decir que el aprendizaje es un proceso continuo, que no se restringe a la escuela únicamente y lo que se aprende fuera de ésta en particular a través de la enseñanza no formal, representa una parte importante de nuestro conocimiento.

Se entiende por enseñanza formal la que se da en la escuela y se distingue, entre otras cosas, por su certificación oficial. La enseñanza no-formal es la que contribuye a la formación de los individuos pero no tienen ningún valor curricular. Algunas características distintivas entre una y otra serían las siguientes:

Enseñanza no-formal

- voluntaria
- no-estructurada
- la comunicación se basa más en el empleo de objetos y ayudas visuales
- dirigida por el que aprende
- cercana a la realidad
- estimula la interacción social
- sin certificación
- motivación intrínseca

Enseñanza formal

- obligatoria
- estructurada
- la comunicación es más bien oral y a base de símbolos
- dirigida por el que enseña
- alejada de la realidad
- estimula el trabajo individual
- con certificación
- motivación extrínseca

(Ramey-Gassert, et. al., 1994)¹¹

El listado anterior presenta posturas extremas y estereotipadas de lo que es la enseñanza formal y la no-formal. La tendencia, en muchas escuelas, es hacia algunas de las características de la columna de la izquierda. Por otro lado, cuando se utilizan productos considerados propios de la enseñanza no-formal para la enseñanza formal, la primera empieza a presentar ciertas características de la columna de la derecha. La enseñanza no-formal pierde su carácter de voluntaria por ejemplo, cuando la lectura de un libro de divulgación es impuesta o cuando se le envía a un estudiante a un museo con una tarea muy rígida a realizar. En un museo,

⁹ Reynoso, H. E. (1997). "La relación entre los museos de ciencia interactivos y la enseñanza formal". Ponencia presentada en la V Reunión de la Red-Pop. UNESCO., La Plata, Argentina, 21-23 de abril de 1997.

¹⁰ Hawkins, D. (1992). "Messing about in Science". *A New Place for Learning Science*. ASTC. Washington, D. C., 73-79.

¹¹ Ramey-Gassert y H. Walberg. (1994). "Reexamining Connections: Museums as Science Learning Environments". *Science Education*. 78, no. 4, 345-363.

las características de "no-estructurado" y "dirigido por el que aprende" cambian cuando se da una visita guiada que se asemeja a una cátedra y no se le da a los visitantes la oportunidad de ver, a su ritmo, lo que se exhibe. Lo mismo ocurre con la motivación, intrínseca en el caso de la enseñanza no-formal y extrínseca para la escuela. De acuerdo a la definición de Ramey-Gassert y Walberg, la motivación intrínseca tiene como consecuencia un aprendizaje voluntario y creativo, por el simple gusto de saber o de hacer algo. La motivación extrínseca para aprender depende de alguna recompensa externa al individuo, como puede ser el dinero, el prestigio o aprobar un examen. Nuevamente, la motivación extrínseca puede disminuir o desaparecer cuando la visita a un museo es obligada. En la escuela la motivación intrínseca para aprender se puede realzar, si se toman en cuenta ciertas características del aprendiz, como son sus intereses y sus dificultades para entender el material que se le presenta. Lo anterior también es aplicable al ámbito no-formal.

En el ámbito formal, las características de "estructurado" y "dirigido por el que enseña" tienden a hacerse mucho más flexibles en las nuevas propuestas didácticas. Se sugiere que el alumno sea más dueño de su propio aprendizaje para lo cual se intenta interesarlo más en este proceso, presentándole una mayor conexión entre lo que se le enseña y su realidad cotidiana, así como dándole la libertad de indagar sobre temas que le interesan. Por último, el sistema actual de evaluación en muchas escuelas estimula el trabajo individual e inhibe el colectivo. La forma de evaluar al alumno influye en la forma en que el alumno aprende (Reynoso, et. al. 1993)¹². Sin embargo, muchos autores como Volpe han insistido en las enormes ventajas que ofrece el aprendizaje colectivo, a través de la interacción entre pares. Afortunadamente este tipo de prácticas son cada vez más frecuentes, por ejemplo, en los libros de texto gratuito de la SEP, se proponen varias actividades para ser realizadas en grupo, invitando a los niños a compartir sus ideas y experiencias con sus compañeros.

Desde mi punto de vista, las personas que afirman que la enseñanza formal de la ciencia y su divulgación son dos tareas totalmente ajenas, tienen esta idea estereotipada de la enseñanza formal y consideran que la divulgación no debe ser considerada como un apoyo a ésta. Considero que un acercamiento entre ambas aportaría grandes beneficios para las dos labores.

IV. LOS MEDIOS PARA DIVULGAR LA CIENCIA

No existe un medio por excelencia para divulgar la ciencia, puesto que cada uno tiene sus alcances y sus limitaciones. Es más o menos apropiado un determinado medio dependiendo del público meta, los objetivos que se persiguen y los temas que se quieren transmitir. A continuación se hará una breve descripción de los medios más empleados y de las potencialidades y limitaciones de cada uno de estos para comunicar la ciencia.

¹² Reynoso, H. E., E. Fierro, H., G. Torres, O. y M. Vicentini (1993). "The Alternative Frameworks presented by Mexican Students and Teachers Concerning the Free Fall of Bodies". *International Journal of Science Education*. 15, no. 2, 127- 138.

Medios escritos

Los medios escritos abarcan una gama muy amplia de posibilidades y de géneros literarios. La divulgación escrita puede ser a través de cuentos, ensayos, novelas, publicaciones periódicas y prensa. Puede llegar a un público muy diverso en cuanto edad, escolaridad, intereses y nivel socio cultural. Los medios escritos tienen varias ventajas: el lector puede ir a su propio ritmo y puede leer cuando y donde quiera, así como las veces que quiera. Otra ventaja de este medio es que puede llegar a cualquier lugar sin necesidad de infraestructura especial o de un aparato. Los que utilizan este medio para comunicar la ciencia, tienen la ventaja de que no requieren de conocimientos técnicos de otra área de la comunicación, como pueden ser los medios audiovisuales. Lo que sí tienen que hacer los que escriben, como cualquier otro divulgador, es asegurarse de que el contenido no tenga errores de concepto y que el tema se presente de una manera adecuada y accesible para el lector potencial. El primer requisito se puede cumplir con relativa facilidad si el que escribe es un experto en el tema. Cuando el que escribe no es experto, deberá buscar asesoría. El segundo requisito, es decir que el tema se comunique adecuadamente, es mucho más difícil. No se resuelve simplemente evitando el uso de la "jerga" científica o técnica. Se requiere hacer una recreación del discurso científico para que éste sea comprensible y atractivo para el receptor potencial, para lo cual es necesario desarrollar el mensaje en función de éste, tomando en cuenta diferentes aspectos como son sus intereses, su estado de conocimiento sobre el tema y sus posibles dificultades para interpretar el mismo.

Una de las desventajas del medio escrito es que se requiere que el sujeto sepa leer o que tenga alguien que le pueda leer, como en el caso de los niños pequeños, lo cual no siempre es factible en un país en donde se lee poco (Zamarrón, 1994).

Por otro lado, los medios escritos presentan limitaciones para ilustrar algunas ideas, como ya se mencionó con anterioridad. Una de estas es que todos los objetos tridimensionales tienen que representarse en un plano, lo cual dificulta que uno se imagine el objeto como realmente es. Otro problema es que muchas veces es muy difícil o imposible presentar los objetos a escala (DeBuvitz, W., 1990)¹³.

Por supuesto, este medio es excelente como un complemento a la enseñanza formal en todos los niveles.

Los medios audiovisuales y electrónicos

Se incluye en este rubro a la radio, la televisión, el video y las computadoras. Estos medios han inundado los hogares y compiten fuertemente con los medios escritos y con el cine por el tiempo y la atención del público en todo el mundo (Zamarrón, 1994). La radio y la televisión son muy atractivos

¹³ DeBuvitz, W. (1990). "The Importance of Scale Drawings or Let's Not Blow Things out of Proportion". *The Physics Teacher*. December, 1990, 604-605.

como medios de comunicación por el gran alcance que tienen. En México, la televisión ya llega a poblados muy apartados y está desplazando al cine. La radio es muy competitiva debido a la gran cantidad de estaciones que existen y goza de mayor preferencia por parte del público, entre otras razones, porque es más fácil escuchar el radio que ver un programa de televisión. Para muchos, estos son los únicos medios a los cuales tienen acceso, ya sea porque viven en lugares muy apartados, no leen o porque no pueden invertir tiempo y esfuerzo para enterarse de ciertos acontecimientos por otros medios. A pesar de la enorme ventaja que tienen estos dos medios para llegar a un público muy amplio, tanto la radio como la televisión tienen el problema de que la comunicación entre el que transmite el mensaje y el que lo recibe, es mínima o nula, por lo cual existen pocas oportunidades para la retroalimentación. En una serie de programas, cada uno tiene que ser autoconsistente porque no existe ninguna garantía de que el televidente o el radioescucha haya visto programas anteriores o de que vea los subsecuentes. Además, el mismo programa tiene que ser muy claro y muy directo, porque el público no puede regresarlo para revisar algo que no le quedó claro, como ocurre con los medios escritos.

Todos los medios audiovisuales, incluyendo el cine, el video y los diaporamas tienen una gran variedad de ventajas técnicas y creativas: se puede combinar lo visual con lo auditivo, utilizar toda clase de efectos, recrear otros ambientes o tal vez otras épocas, presentar imágenes difíciles de ver en otro contexto, en fin, las posibilidades son muchas, tantas como lo permita la imaginación, los recursos económicos y los técnicos. El cine es, para muchos realizadores, el medio audiovisual más atractivo, por su gran potencial creativo. Actualmente, el uso de las computadoras, para presentar animaciones o modelos, por ejemplo, ha incrementado enormemente las posibilidades de estos medios.

La realización de un producto audiovisual, en la mayoría de las ocasiones, es llevada a cabo por un equipo de personas, debido a la alta preparación técnica especializada que se requiere. Casi siempre, el científico funge como asesor, a menos de que también sea cineasta. Por supuesto, como en cualquier medio, siempre hay que tener en cuenta al receptor potencial, desde la etapa de planeación del proyecto.

Actividades de comunicación directa

Las actividades de comunicación directa son aquellas en las cuales el científico o el divulgador se encuentra frente a su público y tiene la posibilidad de establecer una verdadera comunicación. Dentro de este rubro se consideran las conferencias, charlas, demostraciones y talleres. El gran atractivo de esta forma de divulgar la ciencia es que la retroalimentación puede ser inmediata. La desventaja obvia es que sólo llega a un grupo reducido de personas.

Una nueva forma de divulgar la ciencia es por medio del teatro. Los actores pueden ser actores profesionales o divulgadores que han recibido una capacitación

para representar la obra. Este nuevo género ha despertado gran interés, no sólo por sus posibilidades artísticas sino también porque al existir un guión establecido, se pueden comunicar las ideas sin tropiezos y de una manera atractiva. En mi opinión, en todo producto de divulgación, pero sobre todo en el teatro científico, se debe tener mucho cuidado de no sacrificar el contenido por el espectáculo. Pienso que la fantasía es bienvenida siempre y cuando el espectador la entienda como tal y pueda distinguir entre lo que es real y lo que es ficción.

Algunas de estas actividades, como los talleres de ciencia para niños, permiten una relación tan estrecha con el público, que es posible conocerlo muy de cerca. Los resultados obtenidos sobre los visitantes en este contexto pueden ser de gran utilidad para la planeación y el diseño de futuras actividades, tanto en el contexto formal como en el no-formal.

Museos y centros de ciencia

En los últimos años, han proliferado los museos interactivos y centros de ciencia en todo el país. Estos centros y museos se caracterizan, en gran medida, por que exponen material y aparatos que invitan a la interacción y a la participación por parte del público. Muchos de estos lugares se han convertido en centros de divulgación, en donde se llevan a cabo actividades como las que se describieron en el rubro anterior. La ventaja principal de este tipo de museos o centros es precisamente la interacción, a través de la cual el visitante puede tener una experiencia que difícilmente puede vivir en otro contexto. La desventaja es que no se puede visitar estos lugares con mucha frecuencia. A continuación se describirá brevemente cómo han evolucionado estos centros y museos y como puede ser su relación con la enseñanza formal.

V. EL POTENCIAL DIDÁCTICO DE UN MUSEO DE CIENCIAS

Los museos tradicionales son sitios que fueron creados para la conservación de colecciones y objetos valiosos con valor histórico, científico o artístico, para ser admirados o analizados por un sector muy reducido de la sociedad, los "cultos" o los estudiosos de algún área específica del conocimiento. La conducta correcta en estos lugares es la de mucho respeto, no tocar y mantenerse a una distancia prudente de los objetos exhibidos para que el vigilante no se ponga nervioso o no se accione la alarma (Reynoso, 1996). Hasta hace unas décadas, los fines educativos, así como atraer al gran público, no estaban entre los objetivos prioritarios de los museos.

A pesar de esta tradición, a principios de este siglo se abrió un museo diferente, que serviría de inspiración a toda una nueva generación de museos: el Deutsches Museum de Munich. En él se mostraban colecciones históricas de aparatos científicos y maquinaria industrial. La gran diferencia con respecto a otros museos de la época, fue que había personas que le explicaban a los visitantes cómo funcionaban los aparatos y los invitaban a tocarlos y operarlos. Este museo tuvo

tanto éxito que al poco tiempo fue imitado por otros museos en Europa y Norteamérica (Grinell, 1992). Algunos de estos museos fueron: el Palais de la Découverte en París, el Museo de Ciencia e Industria en Chicago y el Franklin Institute Science Museum en Philadelphia.

A principios de la década de los sesentas, con el inicio de la era espacial, la enseñanza de la ciencia recibió un gran impulso desde las altas instituciones educativas en varios países (Segarra, 1989)¹⁴. Este fervor por la enseñanza de la ciencia no se limitó al sistema escolar y comenzaron a abrirse también nuevos museos de ciencia. Los pioneros de esta época fueron el Exploratorium de San Francisco y el Ontario Science Centre en Toronto (Grinell, 1992). Estos nuevos museos se caracterizaron por un giro radical en cuanto a su contenido, objetivos y filosofía (Reynoso, 1996). En estos museos se optó por sustituir las colecciones y los objetos "intocables" por aparatos interactivos (equipamientos) y programas cuya finalidad era comunicar ciencia al gran público, ayudándolos a familiarizarse con objetos e ideas de la ciencia y la tecnología y así iniciarlos en la reflexión sobre estos temas. El público se incrementó en estos nuevos sitios, ahora ya no sólo eran los estudiosos, sino el gran público y los niños, que habían estado ausentes de los museos tradicionales. A raíz del ejemplo de estos pioneros, han proliferado este tipo de museos en todo el mundo, en donde el visitante puede jugar con aparatos, a veces de alta tecnología, usar computadoras, ver videos y diaporamas, y participar en muchas otras actividades que los acercan a la ciencia.

El público meta, los contenidos y la forma de comunicarlos pueden variar de un museo a otro; en lo que todos coinciden es en su visión del aprendizaje. Esto es que el aprendizaje se facilita en situaciones en las cuales existe la posibilidad de una participación activa con la oportunidad de observar, interactuar y hacer preguntas. Hoy en día, es común observar grupos escolares en este tipo de museos, algunos van sólo por el "paseo educativo", otros van con una tarea específica a realizar y otros explotan el potencial didáctico. En este trabajo se analizará precisamente el potencial didáctico de un museo y se presentarán algunas propuestas para que el maestro los use como un apoyo a la enseñanza formal.

¹⁴ Segarra, Ma. del Pilar (1989). "Corrientes actuales en la didáctica de la ciencia". Reporte Interno. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1989.

CAPÍTULO I

LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA EN UN MUSEO INTERACTIVO DE CIENCIAS

1.1 INTRODUCCIÓN

La divulgación de la ciencia es un campo multidisciplinario que se puede abordar desde diferentes perspectivas para su planeación, análisis, realización y evaluación. Así, un libro de divulgación se podría considerar como un producto literario; una obra de teatro científico, como un género especial de teatro; las noticias sobre ciencia que aparecen en los diarios como periodismo científico y un taller de ciencia para niños como enseñanza no-formal (Reynoso, 1997). Cada uno de los ejemplos mencionados, así como cualquier otro producto de divulgación de la ciencia, puede verse bajo diferentes ópticas, como puede ser la de la comunicación, la difusión de la cultura o la de la educación. De la visión empleada dependerán los objetivos y metas propuestas, la elección del marco teórico, la metodología y los problemas a resolver, los criterios de evaluación del producto mismo, así como del autor o autores de éste.

Estos diferentes enfoques para abordar la divulgación no son incompatibles, ni excluyentes, más bien se podría decir que son complementarios. Sin embargo, por razones prácticas, al llevar a cabo un proyecto, se le da más peso a alguno de ellos. En este trabajo se ha optado por el enfoque educativo, por la razón que ya se mencionó, ésta es, que toda experiencia que vive una persona, independientemente del contexto o las circunstancias en que se da, así como toda la información que recibe, sin importar la fuente, contribuyen a la construcción de su conocimiento sobre el mundo en que vivimos. Por lo tanto, la divulgación de la ciencia, a través de los diversos medios, al ofrecer una oportunidad de vivir experiencias nuevas y de tener acceso a información adicional o complementaria a la que se obtiene en la escuela, puede ser considerada como parte de la enseñanza no-formal. Este enfoque permite aplicar al desarrollo de proyectos de divulgación, la teoría utilizada para el contexto formal, así como los resultados obtenidos en éste. En este trabajo se mostrará el proceso inverso también, es decir, cómo los resultados obtenidos en el contexto no-formal también son aplicables al formal. Evidentemente, en ambos casos se deben tomar en cuenta las características particulares de cada uno de los contextos al aplicar la teoría y al interpretar los resultados.

Al hacer una revisión de la literatura sobre divulgación, en particular en museos, así como un análisis de los trabajos presentados en congresos como los de la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (ver las memorias de los cuatro primeros congresos) y el "Visitor Studies Association" (Sociedad de Estudios sobre Visitantes), se observa un interés creciente por la evaluación de todos los productos de la divulgación. Roger Miles (Serrell, 1990)¹⁵,

¹⁵ Serrell, B. (1990). " Interview with Roger Miles, Head Department of Public Programs. The Natural History Museum, London. *The International Laboratory for Visitor Studies (ILVS)*. 1, no. 2, 1990.

uno de los pioneros en evaluación en los museos, comenta que ésta comenzó con el análisis del impacto que los productos terminados producían en el público. Sin embargo, con el tiempo, el empirismo en el desarrollo de exposiciones, se fue sustituyendo por propuestas probadas. De esta manera la evaluación, poco a poco, fue permeando todo el proceso, en el sentido inverso, desde el final hacia el principio. Se comenzó evaluando productos ya terminados, después se vio la conveniencia de evaluar prototipos, en una etapa cada vez más preliminar, hasta que finalmente se llegó a una pre-evaluación en la etapa de planeación. La razón de este camino inverso para incorporar la evaluación al proceso de desarrollo de los productos, se debió a la necesidad creciente de información, en etapas anteriores, sobre aspectos diversos del receptor potencial y cómo éste recibiría el mensaje que se estaba elaborando.

Hoy en día, el esfuerzo se concentra en un análisis previo del público, para conocerlo, comprenderlo y anticipar sus reacciones ante el mensaje que se le transmitirá. Con base en estos resultados, se inicia la planeación del proyecto, tomando en cuenta siempre al receptor. Esta manera de proceder permite detectar las posibles fallas desde el principio, antes de que se haga una gran inversión de tiempo, dinero y trabajo creativo. En la literatura actual sobre evaluación y diseño de exposiciones didácticas e interactivas, se distinguen, claramente, cuatro clases de evaluación, que corresponden a etapas diferenciadas en el desarrollo de una exposición. Estas etapas se describen en el siguiente inciso.

1.2 EL USO DE LA EVALUACIÓN EN LAS DISTINTAS ETAPAS DE DESARROLLO DE UNA EXPOSICIÓN

En este inciso se describirán los diferentes propósitos y procedimientos de la evaluación empleados en el estudio sobre visitantes a museos y su aplicación en cada una de las etapas de desarrollo de una exposición. El modelo que se presentará es utilizado ampliamente y fue propuesto por Chan Screven (1990)¹⁶, un destacado teórico en el campo de estudios sobre visitantes a museos y en la aplicación de estos resultados en el diseño de exposiciones interactivas.

Se llamará evaluación al proceso mediante el cual se obtiene información diversa sobre los visitantes en relación al tema a tratar y el mensaje transmitido. El tipo de información que se requiere dependerá de la etapa de desarrollo de la exposición. Se consideran cinco etapas:

1) La etapa de planeación. En esta etapa se deciden aspectos como los temas, el público meta, los objetivos y los mensajes.

2) La etapa de diseño. En esta etapa se definen la planta museográfica, los objetos, la secuencia, la iluminación, las cédulas, la circulación, así como todos los aspectos técnicos y estéticos que se requerirán.

¹⁶ Screven, Chan (1990). "Uses of Evaluation Before, During and After Exhibit Design. *ILVS*, 1, no. 2, 36-66.

3) La etapa de construcción y montaje. Como su nombre lo indica, en esta fase se desarrollan los diseños propuestos, se construyen y se procede al armado de la exposición (montaje).

4) La etapa de ocupación. Se denomina ocupación a esta etapa porque comienza cuando se abre la exposición al público. En ella se analizan varios aspectos como son: la circulación de los visitantes, el uso que le dan a la exposición y sus objetos, qué aprenden, qué les interesa, cuántas y qué personas van. Aquí intervienen nuevas variables debido a la presencia del público, como son: las multitudes, la fatiga, el ruido, la temperatura ambiente, en fin, factores que pueden influir en el impacto que produce la exposición.

5) Etapa remedial. En esta fase se hacen modificaciones a la exposición para corregir los problemas detectados en la etapa anterior.

En la figura 1.1 se muestran las cinco etapas, el tiempo requerido para cada una de estas, así como el tipo de evaluación que se lleva a cabo.

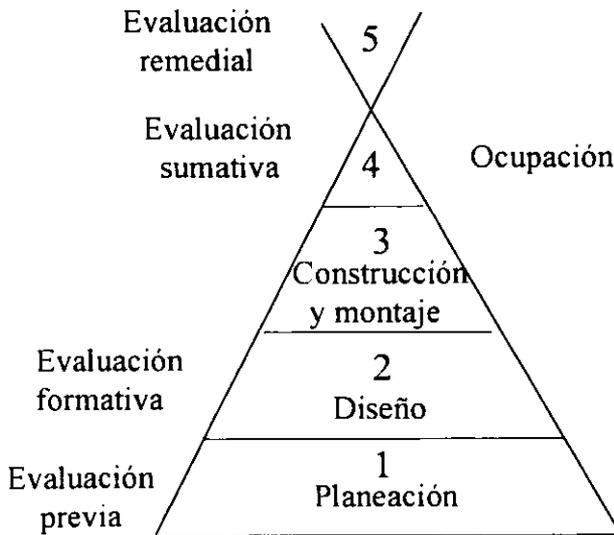


Fig. 1.1 Etapas de desarrollo de una exposición propuestas por Chan Screven

La información sobre los visitantes que sirve para la planeación, diseño y mejoramiento de la exposición, se obtiene durante las etapas 1, 2 y 5. La evaluación durante la etapa 1, sirve para decidir las acciones a efectuar en la planeación de la exposición. La evaluación durante las etapas 2 y 5 aporta información que se utiliza para mejorar el diseño específico de cada uno de los objetos que componen la exposición, o la exposición como un todo (en la etapa 5).

Para obtener información sobre los visitantes se recurre a conversaciones, entrevistas abiertas, seguimiento de visitantes en su recorrido por la exposición, cuestionarios para medir el aprendizaje cognitivo y observación de los sujetos.

Las herramientas que se emplean dependen del tipo de información que se requiere y de la etapa de desarrollo de la exposición. A continuación se procederá a describir la evaluación que se debe realizar, según Screven (1992) en cada fase.

NOTA: A partir de este momento se utilizará la palabra *equipamiento* para referirse a cada una de las componentes de la exposición, esto es a cada módulo, aparato, objeto, computadora u obra de arte. Este es el término que se utiliza en UNIVERSUM, el Museo de las Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

EVALUACIÓN PREVIA

Este tipo de evaluación se lleva a cabo durante la etapa de planeación de la exposición. Recibe el nombre de previa o frontal porque se realiza antes de tomar decisiones sobre el diseño de los equipamientos. Lo que se quiere conocer sobre los visitantes en esta fase es: sus intereses sobre el tema a desarrollar, su conocimiento previo sobre éste, cómo estructuran ese conocimiento, qué dificultades tendrán para entender o interpretar el material y sus estilos de aprendizaje.

Con esta información se definen los objetivos, las metas, las prioridades, la secuencia, la terminología, una estructura coherente para presentar el tema, el enfoque, los gráficos, los textos y por último cómo vencer las principales dificultades que presenta el público para entender el tema. Es importante conocer el estado de conocimiento previo de los visitantes sobre el tema a desarrollar, es decir, ¿qué saben sobre éste?, ¿cómo han estructurado este conocimiento?, ¿poseen ideas o dan explicaciones que son parcial o totalmente incompatibles con las científicas? El conocimiento previo de los visitantes influye de manera decisiva en la forma en que perciben y procesan la información que se les presenta y los puede llevar a interpretaciones que no fueron las intencionadas por el que transmite el mensaje. Por lo tanto, un análisis previo del público sirve para anticipar estas dificultades y diseñar estrategias para combatirlas.

La muestra de sujetos que se empleará en el estudio previo deberá tener las características del público meta. Si la exposición se montará en un museo ya existente, es conveniente que al menos una porción de la muestra sean visitantes del mismo, puesto que éstos representan no sólo al público meta, sino al real también. Si se quiere atraer a un determinado sector de la sociedad que no va al museo, entonces será necesario incluir a personas del mismo en el estudio.

Por otro lado, para definir los objetivos, las metas, los contenidos y la forma de organizar el material, se requiere un análisis del mensaje a transmitir. En esta parte del proceso necesariamente deben intervenir los científicos para garantizar que los conceptos se expresen de manera correcta y los divulgadores para anticipar como éstos serán recibidos por el público. (En los siguientes dos capítulos de este

trabajo se presentarán referentes teóricos para hacer este análisis del receptor potencial y la aplicación de estos resultados al diseño de materiales y equipamientos para la exposición .)

Tanto los resultados del análisis del público, como los del mensaje, deben converger para hacer la propuesta para la exposición. En esta propuesta deben quedar explícitos: los objetivos, las metas, cómo se presentará el tema, la jerarquía conceptual, qué decir y qué no decir. Es muy importante, que todos los involucrados en el desarrollo de la propuesta, tengan presente en todo momento, el mensaje y los objetivos a transmitir, puesto que este se puede distorsionar en el cualquier etapa del proceso. El qué decir es lo que se considera lo más importante para el público. El qué no decir es lo que se puede omitir sin distorsionar el mensaje o dejarlo incompleto. Se elimina información por varias razones: porque no es fundamental para entender la idea que se transmitirá, porque no es de interés para el público o porque requiere de ciertos conocimientos o habilidades que no posee el receptor potencial promedio. El cómo decirlo, esto es, que medio se utilizará para comunicar cada idea y como se desarrollará esta, corresponde a la siguiente etapa, aunque puede quedar a nivel de sugerencia durante la etapa de planeación.

EVALUACIÓN FORMATIVA

Este tipo de evaluación se lleva a cabo durante la etapa de diseño. El propósito es anticipar posibles errores en el diseño de los equipamientos, ya sea de tipo conceptual, comunicativo, técnico o estético, antes de elaborar la versión definitiva. Se analiza el impacto producido por un prototipo o equipamiento provisional, hecho con materiales económicos. Este análisis permitirá hacer las modificaciones pertinentes. El proceso continúa hasta que se tiene ya el equipamiento definitivo. Para evitar que la evaluación formativa se omita del proceso, es necesario que esta, se vea como algo inherente al mismo.

Se trata de buscar qué tan bien cumple el equipamiento con los objetivos propuestos y si verdaderamente comunica el mensaje deseado. Los resultados obtenidos servirán para delimitar las posibilidades de diseño. Es muy importante que la retroalimentación se dé lo más pronto posible, antes de que se invierta más tiempo, dinero y esfuerzo.

Las opiniones sobre estas versiones preliminares de los equipamientos pueden ser del personal que no haya intervenido en el proceso aunque también es altamente recomendable contar con información sobre cómo reacciona el público real ante éstos.

Se requiere además, una asesoría constante de dos integrantes del equipo de trabajo: por un lado del científico, para vigilar que no se comenten errores de tipo conceptual y por el otro lado, de una persona del área de educación que vigile que el equipo de diseño no cometa los mismos errores que el público potencial, o que introduzca algún elemento que pueda llevar al visitante a una confusión o error de interpretación.

Para conocer las opiniones del público Screven sugiere que se coloquen los equipamientos para ser evaluados en un lugar de fácil acceso para éste, de lo contrario será difícil contar con su colaboración. Este sitio puede estar en el área de una exposición ya existente o en un lugar cercano a éste destinado a la presentación de equipamientos que están a prueba. Esta segunda posibilidad, a mi manera de ver, es preferible por razones estéticas y evita que el visitante se distraiga con otros objetos que no están a prueba. Se le pregunta al visitante su opinión sobre las instrucciones, cédulas (el texto escrito que acompaña al equipamiento) y "balazos" (texto cortos que tienen la función de "enganchar" la atención del visitante). Se observa su reacción ante el prototipo, cómo interactúa con éste y el tiempo que emplea en esta interacción. Si se tienen varios equipamientos juntos, es posible evaluar el conjunto; algunas preguntas que se busca responder son: ¿qué equipamientos son los más atractivos?, ¿en dónde es conveniente colocar los letreros?, ¿cuál es el mensaje que recibe?

Antes de inaugurar UNIVERSUM, se montaron 39 exposiciones parciales en diferentes partes de la Ciudad de México, así como en varios estados del país, con el fin de evaluar diversos aspectos de los equipamientos aislados y de las exposiciones en conjunto, con el fin de realizar los productos finales que se montaron en su sede definitiva.

Existen dos aspectos esenciales a evaluar durante la etapa de diseño: cómo se recibe el mensaje y el impacto que produce a nivel emocional. A estos dos aspectos Screven los denomina el poder didáctico y el poder motivador del equipamiento o de la exposición respectivamente. Cómo se está evaluando el equipamiento por sí mismo, no debe intervenir ninguna persona que explique o complemente la información que se ofrece. Al analizar el poder didáctico de un equipamiento es decir qué y cómo recibe el usuario el mensaje, también es interesante medir la eficiencia didáctica del equipamiento, esto es, el tiempo y el esfuerzo que requiere el sujeto para comprender este mensaje. Mientras menor sea el tiempo y el esfuerzo requerido, mayor será la eficiencia didáctica.

Sin embargo, aunque el equipamiento, se caracterice por un elevado potencial didáctico, si éste no es atractivo para los visitantes, todos los esfuerzos serán en vano. Por lo tanto, también es conveniente analizar el poder motivador del equipamiento, es decir, qué tanto lograr atraer la atención del visitante. Una manera de conocer este poder motivador es observar cómo los sujetos interactúan con el equipamiento y la calidad de atención que produce. Se distinguen dos niveles de atención: la casual y la activa.

La atención casual es pasiva, superficial y el resultado suele ser que el sujeto retiene poca información, lo cual se manifiesta en una dificultad, por parte del sujeto, para comentar lo que le dejó el equipamiento. Cuando la atención es activa, la retención del mensaje es mucho mayor y el sujeto es capaz de formular preguntas, buscar respuestas y compartir la información.

En resumen, el reto es diseñar una exposición con un elevado poder didáctico y motivador, es decir que:

- Transmita el mensaje intencionado y que éste sea comprendido con un esfuerzo mínimo por parte del visitante y en el menor tiempo posible y
- Genere la motivación suficiente para que el sujeto pase de un estado de atención pasiva a una de atención activa.

Se recomienda evaluar estos dos parámetros de manera independiente para lo cual existen dos tipos de evaluación:

- a) cuando se le informa al visitante que se le harán unas preguntas después de su visita y
- b) cuando al visitante no se le informa y simplemente se le observa, sin que este se dé cuenta.

En el primer caso, se obtiene información sobre poder didáctico de una exposición o de los equipamientos y en el segundo sobre el poder motivador.

Los métodos para obtener la información varían. En el caso a) es decir, cuando se le informa al sujeto que se le va a entrevistar, o que se le va a pedir que responda a un cuestionario, lo más común es seleccionar visitantes al azar que cumplan con el perfil del público meta. Se les pide que vean el objeto, que lean las cédulas y que opinen sobre lo que han visto.

Esta interacción con los visitantes proporciona información sobre cómo interpretaron el mensaje: qué entendieron, qué les interesó, qué dificultades tuvieron para comprender el material, su conocimiento previo y cómo incorporaron la nueva información. También se podrá obtener información sobre aspectos técnicos y estéticos del equipamiento a prueba. Por lo tanto, los resultados de este tipo de evaluación sirven para hacer modificaciones relacionadas con el contenido y el mensaje. Claro está que cuando a una persona se le dice que se le van a hacer unas preguntas cuando termine de visitar la exposición, ésta pondrá más atención que un visitante promedio, por lo cual los resultados obtenidos reflejarán la conducta de un visitante muy involucrado.

Screven comenta que si la mayoría de los entrevistados de una muestra entre 15 y 30 personas no captaron el mensaje intencionado, entonces será necesario revisar la información que se presenta, tomando en cuenta los resultados del análisis previo del público. Como se verá en el próximo capítulo, es común encontrar que existan ideas o esquemas incorrectos empleados por personas que no se dedican a la ciencia que se caracterizan, entre otras cosas, porque se encuentran muy extendidas entre la población. Por lo tanto, el mensaje mal entendido puede deberse a que éste no fue transmitido adecuadamente o a que el usuario tiene dificultades para comprenderlo. Cualquiera que sea el caso no se requiere una muestra demasiado grande para demostrar que el resultado de la comunicación fue deficiente.

En el caso de la evaluación b, es decir cuando el visitante es observado sin que se dé cuenta, la información que se obtiene se relaciona más con la conducta de los visitantes y el impacto que produce lo expuesto a nivel más bien emotivo. Para lograr este propósito, es indispensable que el usuario pueda moverse libremente por el área de exposición sin ninguna intervención por parte del personal del museo, aunque sí es sumamente valioso recoger su interacción con sus acompañantes u otros visitantes.

También se observa el potencial que tiene el equipamiento para atraer la atención del visitante y si ésta se puede calificar como activa ó pasiva. Este tipo de evaluación se puede llevar a cabo desde la etapa de diseño hasta la de ocupación. Cuando se lleva a cabo en la fase de diseño, se ve el efecto del equipamiento aislado y cuando se lleva a cabo en la fase de ocupación, se ve el impacto de un conjunto de equipamientos en un espacio determinado. La información que se obtiene de esta evaluación permite hacer cambios relacionados con la forma de transmitir el mensaje, las cédulas y los factores motivacionales. Analizar la exposición en su conjunto permite detectar problemas relacionados con la ubicación, la distribución, la circulación, y cómo funcionan los equipamientos en conjunto.

La fase de diseño termina cuando todos los equipamientos que integrarán la futura exposición están claramente definidos tomando en cuenta los resultados de la evaluación formativa. Esto incluye no sólo los aspectos técnicos y estéticos, sino también los relacionados con el contenido y cómo éste será comunicado. Tanto el asesor científico, como los responsables de que se divulgue correctamente, deberán haber vigilado que los diseñadores no hayan introducido elementos que puedan llevar a una interpretación errónea del mensaje ó que refuercen ideas equivocadas. Debido a que los equipamientos serán vistos dentro de una exposición, es necesario también contar con la planta museográfica en la cual se señala la ubicación de cada uno de los objetos, tomando en cuenta la circulación del público.

Una vez concluida esta fase se procede a la producción y la construcción de los equipamientos. Por muy bien definidos que estén los diseños, evitando al máximo posibles problemas en la interpretación de éstos, aún se pueden introducir ciertos elementos, fundamentalmente de carácter técnico, que puedan llevar a distorsionar el mensaje deseado. Por lo anterior, aún en esta etapa, aunque ya no se lleve a cabo una evaluación con público potencial, si se requiere la supervisión de los responsables del contenido.

Cuando se termina la construcción de las componentes de la exposición se procede al montaje y finalmente a la apertura. Generalmente se hace una revisión crítica de toda la exposición, antes de abrirla al público, con el fin de ultimar detalles. Los problemas a resolver suelen ser de carácter técnico o estético, como pueden ser los relacionados con la iluminación, el audio y las cédulas.

EVALUACIÓN SUMATIVA

La evaluación sumaria se lleva a cabo durante la fase de la ocupación, es decir, cuando la exposición se abre al público. En esta etapa se evalúa principalmente la exposición en su conjunto: cómo la usa la gente, qué aprenden, qué cambio produce en ellos la exposición. Los aspectos que se toman en cuenta en esta etapa se pueden agrupar de la siguiente manera:

a) El impacto desde el punto de vista educativo, conductual y emotivo de la exposición como un todo y del espacio circundante. También se analizan elementos

complementarios como pueden ser: actividades, talleres, conferencias, folletos o guías impresas de la exposición. Un aspecto importante a tomar en cuenta es el impacto que produce el personal mismo del museo en la visita: los anfitriones o guías, el personal de vigilancia, las personas que presentan alguna demostración o espectáculo.

b) Sugerencias para futuras exposiciones

c) Un análisis de costos y beneficios

d) La identificación de efectos secundarios no intencionados, que pueden ser positivos o negativos. Por ejemplo, es posible que el visitante le dé más importancia a ciertos aspectos que se habían considerado secundarios en la planeación y que muestre menos interés por otros que se habían considerado fundamentales. Por otro lado, tal vez una exposición no contribuya significativamente a que una persona aprenda sobre el tema presentado, pero sí lo motiva a querer saber más o tal vez cambie su imagen sobre la ciencia.

e) Un estudio de las características del público que asiste: su edad, su escolaridad, sus intereses, cómo entendió el mensaje, etc.

f) Datos que aporten información sobre el aprendizaje en un ámbito no formal. Cabe recalcar que este tipo de información puede ser de gran utilidad para los maestros, porque saber cómo aprenden sus alumnos en un contexto no-formal les dice mucho sobre los intereses de los estudiantes y cómo realmente entienden los conceptos. (Este punto se desarrollará más ampliamente en el capítulo III)

Screven comenta que en la década de los años 50 ó 60, los resultados de la evaluación sumaria se empleaban fundamentalmente para elaborar reportes solicitados por la agencia financiadora del proyecto con el propósito de saber si fueron cumplidos los objetivos. Hoy en día estos resultados se emplean para hacer mejoras a la exposición y para tener un registro de la experiencia para proyectos futuros.

EVALUACIÓN REMEDIAL

Pueden surgir varios problemas posteriores al desarrollo de la exposición, no previstos, como resultado de la fase de ocupación y que se detectan durante la evaluación sumaria. Lo anterior se debe a que, hasta este punto, se habían evaluado los equipamientos aislados y no en su conjunto, ni con una cantidad considerable de público. En esta situación, pueden intervenir otros factores que produzcan un impacto positivo o negativo y tal vez respuestas no esperadas por parte del público. Estos factores se pueden clasificar en los rubros siguientes:

- Fisiológicos: fatiga, hambre.

- Arquitectónicos: elementos distractores, los accesos, las salidas, la ubicación de un equipamiento o cualquier otro factor que tenga que ver con el espacio mismo.

- Sociales: la presión del tiempo, la interacción con otros (visitantes o personal del museo).

- Psicológicos: las multitudes, el ruido, la fatiga psicológica, la saturación, el exceso de información, el estado anímico.

El objetivo de la evaluación remedial es corregir las fallas detectadas durante la fase de evaluación sumaria, con un enfoque práctico. Si todas las fases anteriores, con sus correspondientes evaluaciones, se llevaron a cabo en forma adecuada, lo más seguro es que las modificaciones a realizar sean mínimas y relativamente sencillas. Si los equipamientos individuales ya fueron evaluados y modificados correctamente, los cambios requeridos serán más bien alrededor de los equipamientos y no de los equipamientos mismos. Por ejemplo, un video que funciona perfectamente bien a nivel comunicativo y técnico, puede pasar desapercibido o ser poco atractivo si se coloca en un lugar poco visible o si el aislamiento acústico no es bueno. Otro ejemplo sería el de una exposición en el cual la mayoría de equipamientos son buenos, pero que no es atractiva por problemas asociados con la circulación, el ruido o el calor.

Los ajustes que se proponen, por lo general, ayudan a disminuir las posibilidades de distracción e invitan a una mayor interacción o a que el visitante quiera pasar más tiempo en la exposición.

Algunas sugerencias para corregir problemas como resultado de la ocupación y que toman en cuenta aspectos relacionados con la motivación, la percepción y cómo se recibe el mensaje son las siguientes:

- Cambio de cédulas, utilizando elementos que llamen la atención de los visitantes y que se relacionen con sus intereses
- Cambio de lenguaje: eliminar las palabras técnicas y sustituirlas por palabras que utilizan los visitantes (éstas se deberían obtener durante la fase de evaluación previa)
- Ofrecer actividades complementarias como charlas, conferencias, videos, talleres, demostraciones, espectáculos, cuentos y juegos.
- Cambiar la forma en que se presenta la información en las cédulas: el tamaño de la letra para que se pueda leer a distancia, subdividir la información presentada jerarquizándola mediante el uso de colores diferentes, tamaños diversos dependiendo de su importancia o colocando los textos de interés para un público más reducido en un lugar menos visible, por ejemplo en tarjetas adicionales a un lado del equipamiento.
- Eliminar objetos que distraen y que no aportan mucho al mensaje
- Colocar asientos
- Colocar escalones para niños pequeños que no alcanzan los equipamientos.

Se pueden disminuir los costos de los cambios sugeridos, como resultado de la evaluación remedial, si desde un principio se utilizan materiales fácilmente modificables para la construcción de los equipamientos, en la museografía y en el montaje de la exposición. Se deben evitar diseños de equipamientos que no son fáciles de mover. Sólo se deben proponer equipamientos que requieren una instalación especial cuando éstos son esenciales para el desarrollo del tema.

Al igual que en las otras fases, las modificaciones exitosas son las que se realizan tomando en cuenta al público en lo que se refiere a sus intereses, los

distintos estilos de aprendizaje, sus dificultades para interpretar el mensaje, así como los factores que harán agradable su estancia en el lugar.

Los métodos de observación y evaluación utilizados en esta etapa son los mismos que se mencionaron anteriormente, es decir, las pruebas en que el visitante sabe que se le entrevistará y las observaciones a los visitantes sin que éstos se den cuenta que se les observa. Para la evaluación remedial, es más útil la observación de los visitantes sin que éstos se den cuenta; la razón es que el interés primordial es el comportamiento espontáneo de las personas dentro y alrededor del macro ambiente de la exposición.

Es posible que las modificaciones requeridas sean profundas y que sea necesario regresar a cualquiera de las etapas anteriores: la planeación, el diseño o la construcción, dependiendo de la etapa a la que corresponde la falla.

Con el fin de evitar que se lleven a cabo propuestas de modificación que ya fueron desechadas en algunas de las fases anteriores, es importante que todos los involucrados conserven una memoria de cómo evolucionó cada uno de los equipamientos desde su planeación hasta su construcción y que presenten una autocrítica del producto final en el contexto general de la exposición.

Por consiguiente, considero que para que una evaluación sea lo más completa posible deberá incluir información y la crítica de los siguientes sectores:

i) Un grupo evaluador que no haya intervenido en el proceso creativo y que proporcione datos sobre el impacto que produce la exposición en el público. Este grupo deberá funcionar como portavoz de las opiniones e impresiones del público.

ii) Expertos externos (científicos, educadores, divulgadores y técnicos) que no hayan intervenido en el proceso. Estos expertos aportarán su crítica del producto desde la perspectiva de su especialidad.

iii) Todos los involucrados en cada una de las fases del proceso: científicos, educadores, divulgadores, técnicos, realizadores, artistas, etc. Este grupo deberá presentar una autocrítica sobre la parte del producto que realizó.

La crítica es una habilidad intelectual que juega un papel fundamental en el desarrollo de las humanidades, las artes y sobre todo en la ciencia (Miles y Tout, 1996)¹⁷. Es esencial para la evolución de cualquier área del conocimiento y actividad. Lo anterior es aplicable también a la comunicación de la ciencia, en particular en museos.

El gran reto de la fase de evaluación remedial, es buscar un equilibrio entre todas las opiniones y los resultados vertidos y decidir cuáles son las modificaciones más acertadas. Roger Miles y Alan Tout (1996) con base en un esquema propuesto por Popper para el análisis del avance del conocimiento como resultado de la crítica, presentan una propuesta para estudiar la evolución de una exposición interactiva. El marco de referencia utilizado se basa en un proceso iterativo de prueba y error. Éste se describe brevemente a continuación:

i) El problema inicial. En el caso de una exposición de ciencia sería cómo transmitir una cierta idea o concepto, mediante un equipamiento, de manera práctica

¹⁷ Miles, R. y Alan Tout. (1996). "Outline of a Technology for Effective Science Exhibits". *The Educational Role of the Museum*. Ed. Routledge, E.E.U.U., Canadá.

y tomando en cuenta todo lo que se sabe del público y del mensaje como resultado de la evaluación previa.

ii) Teoría tentativa. La solución al problema a resolver tomará la forma de un prototipo.

iii) Eliminación del error. La solución al problema (el prototipo), se pone a prueba mediante una evaluación, que en este caso corresponde a la formativa.

iv) Nuevo problema. La eliminación de errores en la teoría debería conducir a la propuesta de una solución más refinada; sin embargo, no existe manera de saber si se ha llegado a la solución perfecta, puesto que el método se podría seguir aplicando indefinidamente y el producto se podría seguir mejorando.

En conclusión, dada la gran cantidad de variables que se tienen que tomar en cuenta para la planeación, diseño y construcción de los equipamientos individuales y de la exposición como un todo, se ve que la solución no es única. Sin embargo, el esquema propuesto de subdividir el proceso por etapas, cada una de ellas con su respectiva evaluación, permite probar subproductos del producto final y de esta manera irse acercando a la mejor solución en forma paulatina.

1.3 UN MODELO PARA ANALIZAR EL APRENDIZAJE EN UN MUSEO INTERACTIVO

Como señalan Miles y Tout (1996), es razonable suponer que la mayoría de las exposiciones de ciencia fueron hechas con el propósito de comunicar ciertas ideas, contar una historia, explicar conceptos, invitar a una reflexión sobre determinado tema o simplemente despertar el interés por algún área de la ciencia. Es lógico también suponer que la mayoría de las personas que visitan estas exposiciones lo hacen con la intención de aprender algo nuevo, aunque su idea de lo que significa aprender no coincida necesariamente con lo que se hace en la escuela. A partir de estas dos suposiciones se podría concluir que los museos de ciencia son lugares que poseen un cierto potencial didáctico para el gran público. El ambiente de aprendizaje de un museo de ciencias es único debido a que el visitante es libre para escoger lo que le interesa ver, al ritmo que quiera, sin la presión de tener que satisfacer una serie de requisitos o someterse a una evaluación escolar. Lo único que se le pide al visitante es que se comporte de una manera que sea socialmente aceptable. Carlson (1994)¹⁸ menciona que como el visitante no está obligado a aprender, la motivación para hacerlo tiene que venir del museo mismo, es decir, existe la necesidad de mantener el interés del público, por lo cual suelen ser ambientes más estimulantes. A pesar de lo anterior, Carlson considera que en un ámbito no-formal, como un museo, se aprende poco en relación a lo que se aprende en el ámbito formal. Para analizar esta afirmación se deben tomar en cuenta dos aspectos: que el visitante no va al museo

¹⁸ Carlson, S. (1994). "A Cognitive Model for Learning in Educationally Oriented Recreational Facilities". *Proceedings of the Seventh Annual Visitor Studies Conference*. Raleigh, N. C., E.E.U.U.

para "aprender" de la misma manera que lo hace en la escuela y que tal vez sería conveniente ampliar el significado de aprender. Considero que aprender no se refiere únicamente al aspecto cognitivo y que debe comprender otros elementos relacionados con la formación del individuo como son lo afectivo y el desarrollo de habilidades. También se debe tener presente que el aprendizaje es un proceso continuo y que toda experiencia contribuye.

Lo que el visitante busca al visitar un museo, es vivir una experiencia personal, definida por él mismo. Es difícil predecir cuándo ocurrirá el aprendizaje. Un niño puede vivir una experiencia en el museo que le permita, tal vez casi de inmediato o años después, comprender algún concepto que se le enseñe en la escuela; esto dependerá de su nivel de madurez y de su estado de conocimiento sobre el tema. El impacto de la experiencia a nivel estético y social y cómo este influye en el aprendizaje es difícil de medir. Por lo anterior, no se puede aislar el efecto del museo (Grinell, 1992).

Discusiones como las anteriores han llevado a varios autores a estudiar el impacto educativo de los museos interactivos de ciencia desde muy diversas perspectivas. Las preguntas que se intenta responder son: ¿se aprende en un museo?, ¿contribuyen los museos al aprendizaje? ¿qué se entiende por aprendizaje en un museo?, ¿cómo y qué se aprende en un museo?

Se ha intentado responder a estas preguntas desde diferentes perspectivas, como puede ser la de la psicología cognitiva o la teoría del procesamiento de la información (Carlson, 1994). Se discute, en estos trabajos, sobre el significado del aprendizaje en un contexto no-formal y las ventajas que ofrece un ámbito como éste (Ramey-Gassert y Walberg, 1994). Una de estas ventajas sería la posibilidad de combinar diferentes estilos de aprendizaje (Calderón Palacios, 1995)¹⁹. Varios de estos autores ofrecen una serie de criterios y sugerencias para incrementar el potencial didáctico de una exposición. Con base en la psicología cognitiva y el constructivismo, muchos investigadores han estudiado y estudian cómo influye el conocimiento previo de los sujetos y la manera en que éste está estructurado en la lectura que hacen del material que se les presenta (Grinell, 1992). En muchos casos, a partir de estos resultados, se elevan propuestas muy concretas para presentar ciertos conceptos o ideas. A pesar de la gran variedad de abordajes, se podría concluir que la mayoría de estos estudios afirman que los museos sí poseen un gran potencial didáctico y que son lugares en donde se puede aprender más de ciencia (Grinell, 1992).

Desde mi punto de vista, el *Modelo de la experiencia interactiva* desarrollado por Falk y Dierking (1992)²⁰ ofrece un marco muy apropiado para organizar e interpretar toda la información e investigación relacionada con el visitante. En este modelo se presentan una serie de parámetros para analizar la experiencia de visitar un museo interactivo, incluyendo la visita escolar en la cual la finalidad principal es el aprendizaje. A continuación se presenta este modelo.

¹⁹ Calderon, Palacios, F. (1995). *Revista Mexicana de Pedagogía*. 5, no. 19, 30-35.

²⁰ Falk, J. y L. Dierking. (1992). *The Museum Experience*. Whalesback Books, Washington, D.C.

EL MODELO DE LA EXPERIENCIA INTERACTIVA

El eje central de este modelo es la experiencia que implica visitar un museo. Ésta comienza desde el momento en que surge la idea de visitar el museo, continúa con la preparación, la llegada, la estancia misma y todo lo que se vive mientras se está ahí y concluye, tal vez años después, con los recuerdos de la visita.

Toda visita a un museo involucra la interacción de tres contextos:

- a) El personal
- b) El social
- c) El físico

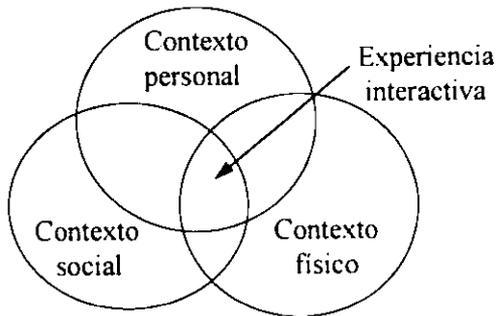


Fig. 1.2 Modelo de la experiencia interactiva

Contexto personal:

La experiencia de cada visitante es única y lo será cada vez que se visite un museo, aunque sea el mismo, pues no hay dos experiencias idénticas. El contexto personal depende de sus intereses, sus motivaciones, su estado anímico y cómo pasa su tiempo libre. También depende de su conocimiento previo sobre el tema que se le presenta, cómo estructura este conocimiento y qué dificultades tiene para entender la nueva información que se le presenta.

La mayoría de las personas llegan a un museo con una idea previa de qué esperar, ya sea por la publicidad, por comentarios de otras personas o por recomendación. Este factor tiene mucho más peso en la motivación para visitar un determinado museo, por primera vez.

Contexto social:

La visita a un museo es un evento social, ya sea porque se es parte de un grupo o porque la persona se encuentra con otras (vaya acompañado o solo). Estas otras personas con las que cada visitante interactúa durante su estancia influyen de manera decisiva en su experiencia. Es común que los visitantes interactúen con otros, que no pertenecen a su grupo y tal vez intercambien información. Otra conducta observada es la de la imitación. A las personas les gusta ver qué hacen los otros y muchas veces los imitan. Esta manera de comportarse se ha utilizado en algunos museos para cambiar la conducta de los visitantes. Se coloca personal del museo en lugares estratégicos y lleva a cabo alguna acción para que los demás hagan lo mismo. Falk y Dierking consideran que la interacción social es un elemento esencial de la visita y que ocupa un promedio del 20% del tiempo total.

Por otro lado, una misma persona puede tener una experiencia diferente en un mismo museo dependiendo de quién lo acompaña. Evidentemente no es lo mismo ir a un museo con un niño chico que con una persona mayor o con alguien que sabe mucho del tema. El hecho de ir con alguien implica buscar algo de interés común, y determinará el grado de involucramiento y la profundidad con que se ven los objetos y la manera de abordarlos.

Este contexto difiere para una persona dependiendo si es parte de un grupo homogéneo (por ejemplo un grupo escolar) o de un grupo heterogéneo, como puede ser una familia. Este contexto también afectará la experiencia de una persona que visite el museo solo, puesto que entra en contacto con otros dentro del museo mismo, ya sea otros visitantes o el personal del museo. El contacto con el personal del museo (anfitriones, vigilantes, personas que dan información, etc.) puede significar la diferencia entre una experiencia buena o mala. Por último, qué tan lleno se encuentra el local también influye en la sensación de la visita.

Contexto físico:

La visita ocurre dentro de un recinto que también afectará la manera en que se sienta el individuo. Algunos de estos factores son: los objetos mismos, la arquitectura, el edificio, la temperatura, el olor, la circulación, la iluminación, si hay alfombra y lugares para sentarse. El tamaño del museo influye en qué tanto tiempo le dedican los visitantes a cada objeto. En un museo pequeño, generalmente el visitante le dedica más tiempo a cada equipamiento. La ubicación de un equipamiento en una exposición, así como de una sala dentro de todo un museo afecta la atención que se le da. Generalmente las personas circulan hacia la derecha, sin importar lo que está en esa dirección. También son más visitadas las salas que están en la planta baja, así como los primeros equipamientos que se encuentran en ellas.

Los visitantes cambian su comportamiento durante la visita. Hacia el final de ésta es común que sientan "fatiga de museo" que se manifiesta por un decaimiento en el interés y una disminución en el tiempo empleado para ver los equipamientos.

Lo último que ven suele ser a lo que le dedican menos tiempo. El contexto físico puede influir en que esta "fatiga de museo" se presente antes o después.

La interacción entre los tres contextos:

Cada contexto se construye en forma continua y la interacción de los tres constituye una experiencia única. Todo lo que contiene el museo fue diseñado con el propósito de atraer al visitante; sin embargo, lo que resulta atractivo para cada uno dependerá de sus contextos particulares, que son los que definen sus preferencias. En la figura 2 se ha representado cada uno de los tres contextos con un círculo, los cuales se intersectan en el centro. Esta figura debe interpretarse de la manera siguiente: la experiencia ocurre en un contexto físico (el museo ó la exposición), dentro de este contexto se encuentra el visitante con su contexto personal y la interacción de dos ó más contextos personales constituyen el contexto social.

La interacción entre estos tres contextos debe tenerse presente en todo momento. Es muy común que una persona con determinada formación considere sólo uno o dos de estos contextos al planear o diseñar; por esta razón es importante que esta planeación se realice en forma interdisciplinaria. El contexto físico se refiere al lugar mismo en el cual ocurre la experiencia, así como a todo lo que contiene. Es importante que el sitio mismo sea agradable y que los aparatos sean atractivos y que funcionen adecuadamente para que el visitante tenga una sensación agradable. Este contexto es atendido principalmente por los arquitectos y los museógrafos. El contexto social se refiere al tipo de relaciones que establecen las personas durante su visita, ya sea con algún acompañante o con el personal mismo del museo. Para favorecer la interacción social, tan conveniente en la construcción de la experiencia, se pueden diseñar equipamientos u ofrecer actividades que estimulen esta socialización, como pueden ser equipamientos que requieren dos o más personas para su funcionamiento, y juegos. Este tipo de contexto suele ser bastante olvidado, aunque es posible que sea tomado en cuenta por los que diseñan aparatos y tal vez por personas provenientes del área de la educación y la divulgación. El contexto personal se refiere no sólo a las características que ya se mencionaron sino también al estado de ánimo al entrar al museo, sus motivaciones para ir, etc. Este contexto es tomado en cuenta por personas de las áreas de educación y divulgación, de los medios escritos, de los medios audiovisuales y posiblemente de ingeniería, aunque seguramente el enfoque de cada uno sea diferente. Por ejemplo, el divulgador y el educador se abocarán a la adaptación del mensaje a los intereses y capacidad de entendimiento del receptor. El de los medios escritos tomará en cuenta el nivel de lectura del visitante y los de medios audiovisuales harán lo mismo para el audio y el manejo de la imagen. Los de ingeniería tomarán en cuenta los aspectos ergonómicos de los aparatos que diseñan, es decir las características anatómicas del usuario, su estatura, el tamaño de la mano, etcétera. Estos tres contextos interactúan entre sí cuando un visitante vive esta experiencia, por lo cual es muy recomendable que se tome en cuenta en todo momento para la planeación, el diseño, la construcción y la evaluación del

mismo. Sin embargo, el éxito de poder verdaderamente incorporar esta relación entre los tres contextos depende de la labor de equipo en el cual las reglas de comunicación están muy claras y se respetan.

La relación entre los tres contextos debe tomarse en cuenta también a la hora de planear una visita o una actividad que se llevará a cabo en el museo, como puede ser un curso, una charla, una demostración o un taller.

En conclusión, el modelo de la experiencia interactiva debe tenerse presente en todo momento, para planear, diseñar y evaluar la experiencia de visitar un museo.

1.4 LA APLICACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL CONTEXTO FORMAL AL NO-FORMAL Y DEL NO-FORMAL AL FORMAL

La investigación educativa está entrelazada a lo largo de todo el proceso de desarrollo de una exposición, desde su concepción hasta que se presenta al público. La evaluación de las propuestas o productos parciales obtenidos en cada etapa de desarrollo de una exposición sirven para modificar y/o seguir adelante. Debido a que se considera que los museos poseen un potencial didáctico considerable, se ha utilizado un enfoque educativo para el desarrollo y la evaluación de las propuestas. Este enfoque permite extrapolar las teorías y las metodologías propias de la investigación educativa en el ámbito formal, al no-formal, sin perder de vista las características propias de cada uno y por lo tanto los límites de validez de estas extrapolaciones.

En los siguientes capítulos de esta tesis se mostrará cómo se hace esta aplicación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO: LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA CIENCIA

2.1 . INTRODUCCIÓN

Hoy en día, es cada vez más frecuente encontrar que el empirismo en la divulgación de la ciencia y muy específicamente en los museos, se está reemplazando por propuestas fundamentadas. Estas propuestas se basan, por ejemplo, en teorías sobre el aprendizaje tomando en cuenta lo que se sabe sobre la motivación, diferentes estilos para aprender, incluyendo el colectivo y el desarrollo intelectual y biológico de los individuos (Ramey-Gassert, y Walberg, 1994)²¹. Además, se realizan estudios sobre el conocimiento previo de los visitantes, en relación al tema que se va a presentar, con el fin de diseñar el mensaje con base en estos resultados. Existen modelos para explicar cómo se da el aprendizaje en un ámbito no-formal y cómo hacer exposiciones más didácticas. También se ha desarrollado una metodología para estudiar a los visitantes en cuanto a sus preferencias y el impacto que produce el museo en ellos (Reynoso, 1996). Por lo anterior, se puede observar que la discusión sobre si se aprende ó no en un museo, que se mencionó al principio de este trabajo, ha sido sustituida por la reflexión sobre cómo y qué se aprende en un museo, así como qué hacer para que los visitantes aprendan más.

El aprendizaje es un término discutible, con muchas definiciones (Falk y Dierking, 1992). Esta pregunta sobre si se aprende o no en un museo obedece a la tendencia, generalmente por parte de personas no provenientes del campo de la educación, a pensar que el aprendizaje ocurre sólo en la escuela, considerando ésta como la adquisición de nuevas ideas e información. Bajo esta perspectiva, no se ve el aprendizaje como un proceso de crecimiento lento y gradual, en el cual estas ideas se van consolidando como resultado de la incorporación y asimilación de las experiencias nuevas (Falk y Dierking, 1992). La confusión aumenta cuando se hace la distinción entre enseñanza formal y no-formal. Se considera que la primera se da dentro del aula y la segunda en lugares como los museos. El aprendizaje puede ocurrir en cualquier lugar, en cualquier momento y depende del contexto físico, de las interacciones sociales que se establecen durante el proceso, del conocimiento previo y de las creencias y vivencias personales (Falk y Dierking, 1992). Por lo tanto, no se debe circunscribir el espacio físico en el cual ocurre este proceso a la escuela únicamente.

Por supuesto, existen situaciones y ambientes en los cuales estas experiencias son más significativas. En cuanto al aprendizaje relacionado con temas científicos, se podría hablar de ambientes para la ciencia como son: museos, jardines botánicos, acuarios, zoológicos, planetarios, etc. Estos sitios se caracterizan porque estimulan la capacidad de asombro de los niños y jóvenes a

²¹ Ramey-Gassert, L. y H. Walberg (1994). "Reexamining Connections: Museums as Science Learning Environments". *Science Education*. 78, no. 4. , 345-363.

través de experiencias directas con objetos reales (Falk *et. al.*, 1986)²². Para entender cómo se da el aprendizaje en un ambiente como los que se mencionan, en particular en un museo, se deben considerar la experiencia y sus efectos a largo plazo. Bajo esta óptica, no se ve la experiencia como un hecho puntual y aislado que ocurre en el recinto del museo; ésta comienza desde el momento en que se tiene la intención de ir al museo, las preparaciones que se hacen para la visita, la visita misma y finalmente puede concluir mucho después, tal vez años, al recordar la vivencia y reinterpretarla para su incorporación en nuestro esquema mental.

Además, como ya se mencionó, no se puede dejar en manos de la escuela toda la responsabilidad de crear una cultura científica para la población. Las razones son múltiples: el acelerado avance de la ciencia y la tecnología que dificultan la actualización del sistema escolar en esta materia; el que una parte considerable de la población no sean estudiantes y las deficiencias en cuanto a infraestructura para ofrecer este tipo de conocimientos en la escuela. Linda Ramey-Gassert y H. Walberg (1994) señalan que es común observar que los niños pierdan su curiosidad y su habilidad natural para aprender a través de la exploración, alrededor de los nueve o diez años, debido al énfasis que se da en muchas escuelas a un aprendizaje de tipo mecánico y memorístico. Estos autores consideran que ambientes como los museos pueden servir para recuperar esta capacidad de asombro y contribuir a un entendimiento más profundo, a través de experiencias nuevas y motivantes que promuevan la participación y la socialización. La clave para que una experiencia sea significativa es que el sujeto se involucre. Los museos poseen un gran potencial en este sentido porque presentan situaciones en las cuales el visitante encuentra una relación con sus experiencias personales, así como la posibilidad de participar activamente, lo cual apoya la adquisición y la retención de información (Ramey-Gassert y Walberg, 1994).

Por otro lado, una visión limitada de lo que es el aprendizaje, en la cual se considera sólo el aspecto cognitivo, es decir la adquisición de información y conceptos, excluye otros factores que son fundamentales en este proceso. Estos otros factores son: el afectivo, como puede ser lo relacionado con actitudes, las creencias y sentimientos, cuyo origen puede ser diverso y por último la información psicomotora, que se manifiesta por ejemplo en el manejo de ciertos instrumentos, como un microscopio (Falk y Dierking, 1992). Estos tres factores, el cognitivo, el afectivo y el psicomotor son inseparables. Por lo general, se presta poca atención a los dos últimos. Estos podrían apoyarse más en un ámbito no- formal.

En la sección 1.3 del capítulo I se presentó una discusión sobre las similitudes y diferencias entre enseñanza formal y no-formal y se vio que las propuestas actuales para mejorar la enseñanza en el contexto formal están encaminadas hacia una enseñanza más del tipo que se describe para la no-formal. Por lo cual la frontera entre la enseñanza formal y, la no-formal se vuelve un tanto difusa. Además, aunque puedan tener objetivos y métodos distintos, tienen una meta común, que es contribuir al conocimiento del mundo en que vivimos. Ramey-

²² Falk, J. H., J.J. Koran y L. Dierking (1986). "The Things of Science: Assessing the Learning Potential of Science Museums". *Science Education*. 70, no. 5, 503-508.

Gassert y Walberg (1994) consideran que habría más esperanzas para el aprendizaje de la ciencia y la creación de una cultura científica nacional si las escuelas y museos unieran sus esfuerzos.

Con el propósito de estrechar los lazos entre estas dos instituciones y crear condiciones de apoyo mutuo, se requiere realizar un análisis con un enfoque educativo del mensaje que transmite el museo, con el fin de incrementar su potencial didáctico. El marco teórico que se propone para este análisis, parte del supuesto de que para desarrollar cualquier producto que comunique adecuadamente la ciencia se deben considerar los siguientes aspectos:

- a) Características del público meta: su escolaridad, nivel socio-económico, sus intereses, sus creencias o inquietudes con respecto al tema a desarrollar
- b) Su nivel de maduración biológica e intelectual
- c) El contenido de las ideas de los sujetos sobre el tema, o temas afines
- d) Cómo están estructuradas estas ideas y sus fuentes de información
- e) Los posibles obstáculos para entender el tema que se le va a presentar.

Con esta información sobre el público meta, se pueden planear, diseñar y desarrollar actividades y exposiciones para un público real y no uno hipotético, garantizando una mejor comunicación con el receptor. Roger Miles (1986) señala que frecuentemente existe una diferencia entre el público meta para quien fue planeada la exposición y el público real que la visita. Para evitar este tipo de problemas, es recomendable diseñar algo para todos (Grinell, 1992) y tal vez modificar posteriormente el producto con base en los resultados obtenidos durante la evaluación remedial.

El primer paso hacia una buena comunicación con el receptor es que el mensaje esté diseñado de acuerdo a su nivel de maduración biológica e intelectual. Para este fin, se presentarán algunos elementos sobre el desarrollo de los sujetos. Se analizará también el proceso mediante el cual van construyendo su conocimiento del medio natural y social en el que viven.

Para completar el análisis que permita establecer los criterios básicos de una buena comunicación con el visitante, se debe tomar en cuenta también su conocimiento previo sobre el tema en cuestión. Este conocimiento previo será su base para interpretar y entender toda la información recibida. Es decir, cuando se enfrenta una persona a ideas o conceptos que le resultan novedosos, recurre a su bagaje de experiencias y conocimientos para poder relacionar "lo nuevo" con lo que ya sabe o ha vivido. Estas ideas previas de los visitantes pueden estar en desacuerdo parcial o total con las explicaciones científicas que se quieren transmitir, por lo cual la interpretación que el visitante le dé al mensaje que recibe puede ser diferente a la deseada. Por tal motivo, es necesario no sólo conocer el contenido de estas ideas previas, sino también cómo fueron estructuradas, para detectar posibles fallas en la forma en que adquirió esa información. Con estos elementos se presentarán bases teóricas didácticas para el diseño de actividades y exposiciones

Para finalizar este capítulo, se discutirán algunas ideas sobre cómo se da el cambio conceptual, es decir, el proceso mediante el cual, los sujetos transitan de esquemas y maneras de razonar propias del sentido común a esquemas y formas más académicas y científicas. Se analizarán algunas ideas sobre cómo apoyar este cambio, incluyendo las experiencias que se pueden vivir en un museo.

2.2 EL DESARROLLO INTELECTUAL DEL RECEPTOR Y LA CONSTRUCCIÓN DEL CONOCIMIENTO

2.2.1 Hacia la construcción de un marco teórico

Definir el aprendizaje resulta un problema abstracto y complejo en el cual intervienen muchas variables. Para comenzar, las dos variables básicas son: el sujeto que aprende y el objeto de este aprendizaje. Estas variables a su vez están determinadas por el método de aproximación del sujeto al objeto, los encuentros previos con ese objeto, el contexto cultural del sujeto y las interacciones sociales del sujeto con otros individuos o grupos (Gutiérrez, 1984)²³. Por lo anterior, se requiere de una teoría para analizar cómo un sujeto conoce la realidad, sus posibilidades y sus limitaciones (Gutiérrez, 1984).

Desde una perspectiva constructivista, el conocimiento es visto como un proceso continuo, fruto de la interacción del sujeto con el objeto de conocimiento. Se considera que las personas van construyendo paulatinamente su conocimiento, por lo cual lo que saben es el resultado de un proceso largo de interpretación y construcción (Resnick y Chi, 1992)²⁴. En este proceso, cada uno reproduce la realidad en su mente, por lo cual su conocimiento de ésta es una construcción del sujeto mismo (Pansza, 1988)²⁵. Esta concepción se opone a la idea de que el sujeto simplemente reproduce la realidad. De acuerdo a Piaget el objeto existe, pero sólo se le puede conocer a través de las diferentes acciones que realiza el sujeto. Por lo tanto, el objeto se va conociendo por aproximaciones sucesivas, nunca por completo (Pansza, 1988). Como las posibles interpretaciones que hacen las personas para entender el resultado de sus acciones tampoco son únicas, difícilmente se podría hablar de la "objetividad" del conocimiento.

Este tipo de reflexiones han llevado a algunos investigadores a poner sus ojos en los trabajos de Ausubel (Serrano y Blanco, 1988)²⁶. Ausubel siempre destacó la importancia del conocimiento previo de los alumnos como factor

²³ Gutiérrez, Rufina (1984). *Piaget y el curriculum de ciencias*. Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas. Ediciones Narcea, S. A. , Madrid, España.

²⁴ Resnick, L. y M. T. Chi (1992). "Cognitive Psychology and Science Learning". *A New Place for Learning Science*. ASTC, Washington, D. C., 80-88.

²⁵ Pansza, Margarita (1988). "Una aproximación a la epistemología genética de Jean Piaget". *Perfiles Educativos*. CISE, UNAM.

²⁶ Serrano, T. y A. Blanco (1988). *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias*. Narcea, S.A. de Ediciones Madrid, Madrid, España.

determinante en el aprendizaje. A este respecto, Anna María Pessoa (1989)²⁷ comenta que para el caso que nos interesa, es decir, la enseñanza de las ciencias, lo que se requiere es saber cómo los alumnos, o los visitantes perciben y comprenden el mundo físico. Es decir, cómo se explican los fenómenos que observan y cuál es la lógica que utilizan en la formación de los conceptos. Así, la tarea del profesor (en el contexto formal) o del divulgador (en el no-formal), no se reduce a conocer el contenido que se quiere transmitir, sino también como los alumnos o los visitantes han estructurado sus conocimientos. Generalmente, el contenido de estas ideas previas no coincide con los conceptos que se quiere que el alumno adquiera. Sin embargo, es necesario conocerlas si lo que se busca es propiciar el cambio conceptual. No es suficiente saber cuál es ese estado inicial y el final que se pretende alcanzar. Para apoyar este proceso de cambio conceptual se requiere de una teoría que sirva para explicar cómo el concepto fue elaborado por el aprendiz y cómo evoluciona.

También es recomendable tomar en cuenta cómo fue construido el concepto históricamente (Pessoa, 1989). Es frecuente observar en los alumnos el uso de un razonamiento semejante al de los científicos de otra época para entender los fenómenos que observan. El ejemplo más conocido es el empleo masivo de un razonamiento aristotélico para entender y describir el movimiento de los cuerpos. Esto se observa incluso en alumnos de diferentes niveles que han sido expuestos al modelo newtoniano. Recurren a un pensamiento que se podría calificar de aristotélico o en todo caso pre-newtoniano equivalente al tipo de esquemas que se utilizaban en el siglo XIV (Pessoa, 1989). El poder entender cómo evolucionaron estos conceptos históricamente, muchas veces facilita la comprensión sobre cómo han evolucionado estos conceptos en la mente de los alumnos. Por otro lado, al conocer la historia de la ciencia es posible propiciar discusiones en clase sobre la evolución de los conceptos. Estas discusiones permiten a los estudiantes hacer una reflexión sobre sus propias ideas y tal vez vislumbrar las deficiencias o contradicciones existentes en sus explicaciones.

Para comenzar la labor de desarrollar un marco teórico que relacione el aprendizaje en el ámbito formal con el del no-formal, se requiere de una teoría acerca de la evolución del conocimiento. Considero que un ingrediente fundamental en el desarrollo de esta propuesta es la Teoría de la Epistemología Genética de Jean Piaget, debido a que se basa en el proceso de maduración biológico e intelectual de los individuos y a su uso amplio en el diseño curricular en ciencia, como señala R. Gutiérrez (1989).

²⁷ Pessoa de Carvalho, Anna María (1989). *Física: Proposta para um ensino constructivista*. Temas Básicos de Educação e Ensino. Grupos dos Editores de Livros Universitários. Câmara Brasileira do Livro. São Paulo, Brasil.

2.2.2 Piaget y la Teoría de la Epistemología Genética

Cabe señalar que Jean Piaget no construyó una teoría educativa, sino una teoría sobre el desarrollo intelectual de las personas. Sin embargo, debido a que éste es uno de los intereses fundamentales de la educación, es justificable aplicar las propuestas de Piaget al problema de nuestro interés (Philips, 1969)²⁸. La preocupación central de Piaget fue entender cómo se produce y evoluciona el conocimiento. Su teoría la denominó Epistemología Genética porque su interés fue conocer la génesis del conocimiento (Pansza, 1988). El objeto de estudio en esta teoría es el sujeto en desarrollo. La pregunta básica que se intenta responder es: ¿cómo se pasa de un estado de menor conocimiento a uno de mayor conocimiento? La calificación de menor o mayor que se le da al estado de conocimiento corresponde a la que es manejada por una comunidad social en un determinado momento (Pansza, 1988). Esta concepción lleva implícita la idea de que el conocimiento es el resultado de una práctica social y como tal va evolucionando, al igual que la sociedad.

Como resultado del proceso de maduración y a través del intercambio social, las personas van adquiriendo un conjunto de estructuras lógicas universales. Estas estructuras no son específicas de un cierto dominio de conocimiento, pero sí determinan el tipo de razonamiento que harán los sujetos, en particular en cualquier campo de la ciencia (Resnick y Chi, 1992). Los datos del medio físico, se reciben a través de los sentidos, los cuales son interpretados e integrados a las estructuras de conocimiento. Por lo tanto, no sólo se modifica la estructura al recibir este nuevo dato, sino el dato mismo. Esta incorporación de los datos, que se puede calificar como aprendizaje, depende de las estructuras mentales de que dispone el sujeto (Gutiérrez, 1989). Para explicar este proceso se deben tomar en cuenta dos elementos: la acción y el esquema (Pansza, 1988). La acción se refiere a la que los sujetos efectúan sobre los objetos para conocerlos e incorporarlos a sus esquemas. El esquema es el conjunto estructurado de las características generalizables de la acción. Estas características son aquellas que permiten repetir la misma acción o aplicarla a nuevos contenidos.

Piaget describe el proceso anterior como un equilibrio progresivo entre un mecanismo asimilador y una acomodación complementaria (Gutiérrez, 1989). Mediante la asimilación, se incorporan los datos extraídos de la experiencia, a los esquemas mentales ya existentes. La nueva información es interpretada con base en ideas o conceptos ya establecidos (Resnick y Chi, 1992). Si estos datos entran en conflicto con otros ya asimilados, se produce un estado de desequilibrio y el esquema se modificará para acomodar los nuevos datos y restablecer el equilibrio intelectual (Gutiérrez, 1989). Este proceso dinámico recibe el nombre de equilibración, en el cual tanto la asimilación como acomodamiento coexisten en un continuo intercambio (Resnick y Chi, 1992). Así es como se explica la construcción de los esquemas, como el resultado de estados sucesivos de

²⁸ Philips, J. L. (1969). *The Origins of Intellect: Piaget's Theory*. W. H. Freeman and Co. San Francisco. EE.UU.

equilibrio, para lo cual las personas recurren a sus concepciones existentes para entender las nuevas experiencias.

Los tres rasgos dominantes de la Teoría de Epistemología Genética son los siguientes: a) La dimensión biológica, b) El punto de vista interaccionista, c) El constructivismo genético (Pansza, 1988).

La dimensión biológica se refiere a que la génesis del conocimiento es una consecuencia de la herencia de cada ser humano como ser biológico. Lo anterior se refiere a que tanto la existencia de las estructuras básicas orgánicas, así como la posibilidad de que éstas se sigan construyendo, están programadas genéticamente. Las primeras manifestaciones de la actividad mental consisten en la incorporación de nuevos elementos o experiencias a estas estructuras, dando lugar a los primeros conocimientos del sujeto, que constituyen respuestas nuevas que no estaban inscritas en estas estructuras orgánicas heredadas.

El punto de vista interaccionista refleja claramente la visión epistemológica de Piaget. Ésta es que el objeto del conocimiento existe, pero que sólo es posible conocerlo a través de las actividades del sujeto. Como esto es posible sólo por aproximaciones sucesivas, nunca se llega a conocer el objeto por completo. Por lo tanto, "el conocimiento se debe considerar como una relación de interdependencia entre el sujeto que conoce y el objeto de conocimiento y no como una yuxtaposición de dos entidades disociables" (Pansza, 1988).

Por último, el rasgo del constructivismo genético se refiere a que ningún conocimiento humano, salvo las formas heredadas más elementales, está preformado. La evolución a estructuras superiores, más complejas, implica la existencia de estructuras más simples. La adquisición de estas estructuras, que pueden ser calificadas como lógicas y universales, es una consecuencia de la maduración biológica y del intercambio social. Estas estructuras determinan el tipo de razonamiento y el tipo de construcción mental que harán las personas en cualquier campo de la ciencia (Resnick, y Chi, 1992).

El interés fundamental es descubrir cómo el sujeto va construyendo sus estructuras mentales y cómo se vuelve progresivamente más capaz de conocer los objetos. Por lo anterior, Piaget se dedicó a estudiar al sujeto en desarrollo, desde su nacimiento hasta la adolescencia, con el fin de entender el proceso del conocimiento en el adulto. El sujeto se considera como un constructor de su conocimiento y se distinguen las siguientes etapas en su desarrollo:

Periodo sensoriomotor (0 a 18/24 meses):

"El periodo que va del nacimiento a la adquisición del lenguaje está marcado por un desarrollo mental extraordinario." (Piaget, 1979)²⁹. Durante estos primeros meses de vida, el niño se construye a sí mismo y al mundo a través de sus sentidos (Pansza, 1988). Lo que guía la actividad del niño son esquemas puramente prácticos (Gutierrez, 1984). En este periodo el niño sufre lo que se ha denominado una revolución copernicana puesto que pasa de un estado totalmente egocéntrico, en que refiere todo a sí mismo, a reconocerse como un

²⁹ Piaget, Jean (1979), *Seis Estudios de Psicología*. Seix Barral, S. A., Barcelona, México.

ser independiente, como un cuerpo más en su universo. Al principio de esta etapa, la vida mental del infante se reduce al ejercicio de aparatos reflejos, que posee por herencia que corresponden a tendencias instintivas como la necesidad de alimentarse. Al cabo del tiempo estas acciones se empiezan a repetir en forma sistemática, para irse integrando, anunciando la asimilación mental (Piaget, 1979). Hacia el final de este periodo puede representarse objetos que no están presentes y descubre la necesidad del lenguaje y que todo tiene un nombre.

Periodo preoperatorio (2 a 6 ó 7 años):

Un concepto básico en esta teoría es el de la operación. Es utilizado como parámetro para evaluar el desarrollo intelectual de los individuos. Piaget define "operación" como una acción que puede regresar a su punto de partida, es decir, que es reversible y que además se puede integrar con otras acciones con las mismas características. Para que una acción sea considerada una operación, debe ser internalizada por el sujeto que la efectúa (Philips, 1969).

La diferencia más sobresaliente entre un niño que se encuentra en el periodo sensoriomotor y uno en el preoperatorio es que en el primero, el sujeto se restringe básicamente a interacciones directas con su medio ambiente y en el segundo, ya es capaz de manipular símbolos y representaciones de ese ambiente (Philips, 1969). Con la aparición del lenguaje y de las imágenes mentales, alrededor de los dos años, las acciones empiezan a interiorizarse pero todavía no alcanzan el nivel de operaciones reversibles. Las estructuras mentales todavía son bastante rígidas y ligadas, casi en su totalidad, a lo real (Gutiérrez, 1984). En el periodo anterior, todas las acciones efectuadas por el niño estaban encaminadas hacia una meta muy concreta. En cambio el niño de la etapa preoperatoria, ya puede reflexionar sobre su conducta y la meta que persigue y no sólo sobre la meta misma. Las acciones del niño en la etapa anterior están ligadas a objetos concretos y eventos que ocurren en el momento; su percepción del pasado y el futuro es extraordinariamente limitada, refiriéndose básicamente a que pueden anticipar eventos inmediatos y que tienen algunos recuerdos incipientes. En cambio, el niño en la etapa del preoperatorio, al tener la capacidad para representar la realidad, puede incluir en ésta, el pasado y el presente, así como eventos futuros que pueden ocurrir en un intervalo de tiempo muy breve (Philips, 1969). Sin embargo, todavía es egocéntrico y no puede entender las situaciones desde el punto de vista de otro o desde diferentes perspectivas. A pesar de su egocentrismo, comienza a definir sus relaciones sociales con los demás, como puede ser la sumisión al adulto (Fierro, 1996)³⁰.

Otro aspecto a considerar con los niños que se encuentran al inicio de esta etapa es el del animismo. Es decir, muchas veces no ven o no creen en las causas físicas de los fenómenos, más bien suponen que las cosas ocurren porque

³⁰ Fierro, H. E. (1996). *Análisis de los esquemas alternativos sobre el concepto de corriente eléctrica que presentan estudiantes del nivel medio superior*. Tesis para obtener el título de físico. Facultad de Ciencias, UNAM.

los objetos tienen voluntad. Por ejemplo: las nubes se mueven solas o la luna sigue a la gente al caminar. Este tipo de ideas desaparecen con la edad (Resnick, y Chi, 1992).

Periodo de las operaciones concretas (6 ó 7 a 11 ó 12 años):

Hacia finales del periodo anterior, el niño adquiere la capacidad para clasificar con base en propiedades concretas del objeto, aunque sólo puede manejar una variable a la vez, como puede ser color, altura, ancho, etc. Esta nueva habilidad marca la transición a una nueva etapa, la de la inteligencia operatoria concreta. En este nuevo periodo se observan cambios importantes en cuanto al pensamiento y su forma de aprender. Las acciones interiorizadas finalmente alcanzan el nivel de la reversibilidad. Con la reversibilidad las estructuras mentales pierden rigidez y se muestra que ya se ha incorporado la idea de conservación en cuanto a cantidades relacionadas con la materia, el peso, y posteriormente el volumen (Philips, 1969). Se manifiesta la aparición de las estructuras operatorias concretas, que son la clasificación, la seriación y la correspondencia, cuyas acciones están limitadas, todavía a la organización de datos inmediatos (Gutiérrez, 1984). Pueden realizar ciertas operaciones lógicas elementales como las matemáticas: la suma, la resta, la multiplicación y la división.

A pesar de que su pensamiento lógico le permite ir más allá de las representaciones internas y comenzar a entender el punto de vista de otros (Fierro, 1996), todavía no alcanza el nivel de madurez intelectual de un adulto y muestra dificultad para trabajar mentalmente cuando el objeto no está presente. Sin embargo, si tiene los objetos concretos a su disposición para verlos y manipularlos, puede clasificarlos con base en varias variables.

Periodo de las operaciones formales (a partir de los 11 ó 12 años) :

En este periodo se observa que se amplía el radio de acción de las operaciones mentales. Ya no sólo se le limita a la organización de datos concretos de la realidad, sino que incluye también lo hipotético. Aparecen las estructuras operatorias formales (Gutiérrez, 1984) Para razonar, se recurre a la lógica, formulando y probando hipótesis en las cuales se involucran diferentes variables, así como sus posibles combinaciones. Para estos análisis, no sólo se recurre a lo evidente, sino también a representaciones mentales de experiencias pasadas que se encuentran almacenadas en la memoria.

Este es el periodo en que, según Piaget, se forma el sujeto social propiamente dicho, es decir el sujeto inserto en su sociedad y con auténticos intereses de reforma social y de definición vocacional (Panza, 1988). Curiosamente, al igual que al inicio de los dos periodos anteriores, vuelve a aparecer la actitud egocéntrica. Así, para el recién nacido, su mundo se circunscribe al de las acciones que puede ejercer sobre éste, para el niño en la etapa preoperatoria sus representaciones del mundo son las únicas posibles. El egocentrismo del

adolescente es el resultado de la extensión de su pensamiento hacia el mundo de lo posible a través de la aplicación de su lógica proposicional. Para el adolescente es muy difícil encontrar el equilibrio entre su nueva capacidad predictiva y el universo social y cósmico al cual aplicará sus ideas. Nuevamente, su punto de vista es el único y le resulta casi imposible entender otros puntos de vista. Muchos adolescentes pueden entrar en conflicto con los adultos al tratar de imponer esquemas idealistas diseñados para hacer que la realidad coincida con su manera de pensar (Philips, 1969).

Factores que intervienen en el desarrollo intelectual:

Las edades en las que se alcanzan los distintos estadios psicoevolutivos son sólo aproximadas y pueden variar de un sujeto a otro. Sin embargo, ciertos aspectos de la teoría propuesta por Piaget son invariantes y son las siguientes:

- 1) La secuencia en que aparecen los distintos periodos psicoevolutivos es siempre la misma.
- 2) Los periodos psicoevolutivos están relacionados entre sí de modo jerárquico integrativo. Las estructuras mentales que aparecen en los estadios superiores se basan en que integran los adquiridos por el sujeto en los estadios inferiores previos.
- 3) Las diferentes estructuras mentales que aparecen en cada periodo están íntimamente relacionadas entre sí como si fueran parte de una estructura de conjunto (Gutiérrez, 1984).

El hecho de que no todos los individuos alcancen los periodos psicoevolutivos a la misma edad se debe a que el desarrollo intelectual está determinado por varios factores que se mencionan a continuación (Panza, 1988):

- A) Factor de crecimiento orgánico y maduración de los sistemas nervioso y endócrino.
- B) Factor del ejercicio y de la experiencia adquirida en la acción efectuada sobre los objetos (medio físico).
- C) Factor de interacción y transmisiones sociales (medio social).
- D) Factor de la equilibración progresiva.

Factor de crecimiento orgánico y maduración de los sistemas nervioso y endócrino:

La maduración del sistema nervioso no está acabada al nacer y prosigue hasta los 15 ó 16 años, por lo cual se observa un cierto paralelismo entre el desarrollo biológico y el intelectual.

Factor del ejercicio y la experiencia adquirida en la acción efectuada sobre los objetos (medio físico):

El medio físico es un mundo de situaciones que se imponen al individuo como un medio por conocer y sobre el cual experimentar. La forma de relacionarse con los objetos del medio y de actuar sobre los mismos para conocerlos, depende del nivel de madurez del sujeto. Así, cuando se ha alcanzado el nivel máximo de desarrollo intelectual, se tiene la capacidad para actuar sobre estos objetos utilizando una lógica-matemática con el fin de construir explicaciones coherentes que sirvan para comprender el medio en que vivimos.

Factor de interacción y transmisiones sociales (medio social):

El individuo se mueve en un mundo formado por objetos y por otros individuos con los que interactúa. En la interacción social el individuo se manifiesta en intercambios de ideas y experiencias, colaboraciones y oposiciones. Todo esto influye también en su desarrollo intelectual.

Factor de equilibración progresiva:

Las estructuras se van formando progresivamente, tendiendo cada vez hacia un equilibrio más estable.

Por último, cabe señalar que el desarrollo intelectual es indisoluble del desarrollo afectivo. Cuando se pasa de la acción al pensamiento, esto implica la construcción de símbolos, no sólo a nivel de representación mental, sino a nivel afectivo también. Una manifestación de este proceso es el lenguaje (Pansza, 1988). La función de sustituir y representarse la realidad concreta con imágenes, símbolos y signos, constituye la condición del pensamiento. Con la adquisición del lenguaje el niño adquiere una herramienta que le permite reconstruir el mundo en el que vive y actúa, e irse diferenciando como un yo (Pansza, 1988). El desarrollo afectivo posibilita y acompaña al desarrollo cognoscitivo. Así, el niño puede ir valorizando su adaptación al medio. Para él, el juicio moral es tan importante como el lógico. Tanto el desarrollo moral como el cognitivo están sujetos a un proceso evolutivo en el cual se tiende a un equilibrio creciente. Así las personas logran construir sus normas bajo un doble aspecto: el lógico y el moral, obteniéndose un producto colectivo que internalizan (Pansza, 1988).

2.3 APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LA EPISTEMOLOGÍA GENÉTICA A LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

2.3.1 Criterios generales:

Para aplicar la Teoría de Epistemología Genética a la enseñanza de la ciencia se puede resumir lo anterior de la siguiente manera (Resnick, pag. 81): En la etapa preoperacional los niños sólo pueden razonar sobre relaciones de

objetos que están físicamente presentes. En la etapa de operaciones concretas ya pueden imaginarse ciertas acciones y sus efectos, sin que los objetos estén presentes, siempre y cuando éstos tengan que ver con su realidad concreta. En este periodo, comienzan a desarrollar su capacidad para coordinar varias variables y en su proceso de maduración van superando ciertas limitaciones como el animismo y su pensamiento se va acercando más al científico. Es decir, en la etapa de operaciones formales, los individuos ya pueden generar todas las combinaciones posibles empleando un razonamiento lógico-deductivo. Por lo tanto, hasta que llegan a este estado de desarrollo intelectual pueden apreciar o usar procedimientos científicos y entender conceptos abstractos (Resnick y Chi, 1992).

Con base en las características descritas para el aspecto intelectual y biológico correspondientes a cada una de las etapas de desarrollo de los individuos se pueden hacer recomendaciones para la enseñanza, en particular la de la ciencia, aplicables al diseño curricular.

2.3.2 Recomendaciones para la enseñanza de la ciencia para niños de preescolar:

"La mejor respuesta que puede obtener un niño vendrá del objeto mismo y no del maestro" (Sánchez, 1997)³¹. El niño en edad preescolar necesita verificar lo que se le dice sobre el porqué de ciertos hechos, las explicaciones verbales no son suficientes para que comprenda. Algunos otros aspectos generales a considerar para la enseñanza de niños de esta edad son las siguientes:

- sus habilidades de motricidad gruesa y fina son todavía muy limitadas;
- entienden las cosas textualmente, por lo cual no se deben utilizar metáforas ni analogías;
- sólo pueden manejar una variable a la vez, por lo cual no se les puede pedir que escojan algo que cumpla con dos o más características;
- las instrucciones deben ser simples y directas.

Por lo anterior, al organizar una actividad de ciencia se sugiere:

- a) Buscar el desarrollo de los aspectos socio-afectivos
- b) Recurrir a juegos tratando que se cumpla con los siguientes elementos: que cada niño tengan su propio material, que no se requiera de una gran organización o de muchas reglas y que inviten al niño a tomar la iniciativa.
- c) Imaginar cómo piensa el niño y actuar en consecuencia con sus preguntas y sugerencias. (Sánchez, 1997).

³¹ Sánchez, Ma. del Carmen (1997). "Apoyo para visitas planeadas" PREESCOLAR. UNIVERSUM. Museo de las Ciencias, UNAM.

2.3.3 Recomendaciones para la enseñanza de la ciencia para alumnos que se encuentran en la etapa de operaciones concretas:

Este periodo de desarrollo intelectual abarca básicamente toda la primaria, por lo cual se debe establecer cierta diferencia entre los niños que están en los primeros dos años de primaria, es decir, alrededor de 7 u 8 años y los que están en los últimos tres o cuatro años de primaria. Al ingresar a primaria, las habilidades de motricidad fina y gruesa todavía son limitadas, en cambio en el segundo periodo ya son comparables a las de un adulto. La capacidad de expresión en la primera mitad de la primaria también es incipiente, tanto en el aspecto escrito y oral como en el gráfico. Ya en la segunda mitad de la primaria, pueden expresar sus ideas oralmente y por escrito de manera sencilla.

Los niños de 7 u 8 años ya pueden manejar varias variables, así como sucesiones y clasificaciones. Sin embargo, todavía piensan en términos muy concretos. Hacia finales de esta etapa, se observan ciertos rasgos de un pensamiento formal, pueden hacer un manejo mental de las variables, pero siguen requiriendo la relación con la realidad concreta.

A pesar de las diferencias entre los estudiantes que se encuentran al principio y final de esta etapa, existen ciertos lineamientos recomendables para cualquier estudiante de primaria, o en el caso de un museo para cualquier visitante de esta edad, que conveniente aplicar. Lo fundamental es tener presente, en todo momento, que los razonamientos que aplican los niños en esta etapa para resolver problemas requieren de experiencias concretas y frecuentemente necesitan tener los objetos presentes. Por lo anterior, se debe tomar en cuenta que los planteamientos en forma verbal les van a resultar difíciles de entender. Las personas en este periodo, al tratar de establecer relaciones entre objetos, grupos de objetos o fenómenos, se limitan a las propiedades sensibles de los mismos y sólo pueden considerar variables sencillas, como longitud ó tiempo. Al establecer relaciones entre estas variables, sólo pueden comprender las que son simples y lineales; por ejemplo, al trabajar con objetos elásticos como ligas o resortes, pueden deducir que más peso implica más alargamiento. Es decir, sólo puede comprender relaciones que son directamente proporcionales (Gutiérrez, 1984). Al tipo de operaciones que pueden efectuar al organizar objetos o datos se les denomina de primer orden, como son clasificar, seriar o igualar.

En cuanto a diseños experimentales, si se les proporciona un modelo concreto, pueden organizar los resultados de sus experiencias. Por lo tanto, pueden comprender los resultados de un experimento en el cual sistemáticamente se varía sólo una de las dimensiones. Además, ya en este periodo, no todos los niños son animistas en cuanto a sus explicaciones de por qué ocurren los fenómenos naturales y pueden entender relaciones sencillas de causalidad cuando se les enfrenta a un sistema físico y tienen tiempo para analizar estas relaciones (Resnick y Chi, 1992).

2.3.4 Recomendaciones para la enseñanza de la ciencia para estudiantes que se encuentran en el periodo de operaciones formales:

De acuerdo a Piaget, se alcanza esta etapa alrededor de los doce años, la edad en que los alumnos ingresan a la secundaria. Sin embargo, existen ciertas diferencias obvias entre una persona que está cursando la secundaria, uno que está a nivel de enseñanza media superior y un adulto. A grandes rasgos se puede decir que a los doce o trece años, el desarrollo físico e intelectual es comparable al de un adulto, pero no el emocional. Esto todavía es aplicable para alumnos en la segunda mitad de la educación media superior. Se debe tomar en cuenta que su necesidad de socializar es muy grande, por lo cual son recomendables actividades colectivas, aunque no hay que descartar la posibilidad de que existan estudiantes que prefieran trabajar solos. Por ejemplo, se les puede presentar un problema para que lo resuelvan en forma conjunta, a través de discusiones que les permitan compartir sus ideas. Siempre es conveniente hacer referencia a la experiencia previa y para alumnos de preparatoria, también es importante la aplicación, es decir, quieren saber para qué sirve lo que ven.

La capacidad intelectual de los estudiantes amplía enormemente las posibilidades didácticas. En este periodo aparecen las nuevas habilidades operatorias como son las disyunciones, las implicaciones y las exclusiones. Por lo anterior, las operaciones mentales amplían su campo de acción y pueden ir más allá de los datos inmediatos. Los hechos se conciben sólo como un subconjunto de lo posible, y esto implica que ya tienen la capacidad para extrapolar (Gutiérrez, 1984). Los razonamientos que utiliza un alumno de este nivel para la resolución de problemas, no sólo se apoya en realidades percibidas, sino también en el planteamiento de hipótesis. Se utiliza un pensamiento hipotético-deductivo que se caracteriza por que ya no es necesario referirse a experiencias concretas, sino que se pueden utilizar enunciados hipotéticos, empleando elementos verbales y no necesariamente objetos. Los modelos que se desarrollan para explicar la realidad se basan en elementos teóricos abstractos, con bases hipotéticas y poder predictivo. Con estos modelos pueden interpretar la realidad y resolver problemas (Gutiérrez, 1984). A diferencia de la etapa anterior, la búsqueda de relaciones entre objetos y fenómenos no se limita a las propiedades sensibles de los mismos, sino a todas las posibles. No sólo pueden manejar varias variables, sino que también pueden considerar todas las relaciones posibles entre ellas, incluyendo las que no son lineales. Ya existe la capacidad de establecer relaciones entre relaciones, es decir, operaciones de segundo orden. Un ejemplo sería el principio de Arquímedes para explicar la flotación de los cuerpos. En un libro de física para la escuela secundaria se da la siguiente definición (Félix, et. al., 1972)³²:

“Todo cuerpo sumergido en un fluido recibe de parte de éste un empuje vertical y hacia arriba, igual al peso del fluido que desaloja”.

³² Félix, Estrada, A. J. de Oyarzabal y M. Velasco (1972) *Lecciones de Física*. CECSA, México D F

Analizando la definición anterior se observa claramente que se trata de una relación entre relaciones. Para empezar, la flotación de un cuerpo en un determinado medio va a depender de dos conjuntos de factores: los que corresponden al cuerpo mismo y los que corresponden al fluido en que se encuentra sumergido el cuerpo. En cuanto al cuerpo, nos interesa conocer su peso, que a su vez se define como el producto de su masa m por la aceleración de la gravedad g , esto es $p = mg$. También nos interesan ciertos factores relacionados con su forma, y su densidad ρ para calcular el volumen del líquido que puede desalojar. La densidad ρ se expresa en términos de dos propiedades sensibles del cuerpo, su masa m y su volumen v . La densidad ρ es el cociente de la masa m entre el volumen v ($\rho = m/v$). Sin embargo, el volumen al que se refiere el principio enunciado, no es el volumen del cuerpo, sino el del líquido desalojado. Por lo tanto este será mayor o menor, no sólo debido a características propias del cuerpo, sino también del fluido. Como es sabido por sentido común, un cuerpo flota más en un fluido más denso, como es el caso del agua salada, en comparación con el agua dulce. Regresando a las características del cuerpo, mientras más denso sea el cuerpo, menor será su flotabilidad porque el volumen que desaloja es menor. Para entender este aspecto de la flotación, el alumno deberá manejar relaciones inversamente proporcionales. Por último, el empuje que recibe el cuerpo del líquido en el que está sumergido será igual al peso del fluido que desaloja, no del peso del cuerpo. Esto explica por qué puede flotar algo tan pesado como un barco y por que una bola compacta de casi cualquier material se iría al fondo del recipiente que lo contiene. Para que el alumno pueda comprender completamente este principio y lo pueda aplicar, tiene que tener la capacidad de manejar relaciones de segundo orden, así como relaciones en que una variable es inversamente proporcional a la otra. El principio de Arquímedes es claramente un principio que sólo puede entender una persona que ha llegado al periodo de operaciones formales. Este principio sería mucho más fácil de comprender si el alumno, aun al nivel que se ve este concepto, tiene la oportunidad de ver cómo flotan diversos cuerpos, de diferentes materiales, con densidades, formas y volúmenes distintos, en líquidos de diferentes densidades. Esta actividad con objetos concretos, aun en el periodo formal puede facilitar el aprendizaje y ofrece al sujeto una experiencia con la cual se puede relacionar.

Si un alumno se encuentra verdaderamente en la etapa de operaciones formales, no debe tener ningún problema para llevar a cabo e interpretar adecuadamente el experimento anterior. Una persona con pensamiento formal debe tener la capacidad para hacer un diseño experimental en el cual para averiguar el efecto de un factor, mantiene todo los demás constantes. También debe tener la capacidad para repetir este procedimiento para las otras variables del sistema (Gutiérrez, 1984, *pagina. 12*).

2.3.5 El diseño curricular con base en el desarrollo intelectual de los estudiantes

Evidentemente, tomar en cuenta las características propias de cada una de las etapas del desarrollo intelectual de los sujetos es un requisito indispensable

para el diseño del currículum. Lo primero que salta a la vista es la necesidad de adecuar el nivel de complejidad de los conceptos que tienen que aprender los alumnos a su capacidad mental. Es decir, la demanda intelectual de los conceptos científicos que se estudian en los diferentes grados escolares no debe exceder la capacidad cognitiva de los sujetos (Gutiérrez, 1984). Si a un estudiante que se encuentra en la etapa de operaciones concretas se le pide que solucione una situación que está planteada en términos formales, éste no podrá comprender el problema, puesto que carece de las estructuras mentales necesarias para hacerlo. Si se le presiona o se le entrena, aprenderá a aplicar ciertas reglas nemotécnicas o podrá reproducir fórmulas matemáticas, pero no podrá explicar los problemas en términos comprensibles para sí mismo, puesto que no ha aprendido.

Para evitar este tipo de problemas de aprendizaje es recomendable clasificar el material de estudio, como podrían ser los conceptos, en dos categorías dependiendo de su demanda intelectual:

Conceptos concretos: los que son extraídos de la experiencia directa. Estos conceptos son los que se basan en propiedades de los objetos que son total o parcialmente percibidos por los sentidos (Gutiérrez, 1984). Por ejemplo, la longitud, el ancho y la textura de los cuerpos.

Conceptos formales: estos son los que están definidos en términos abstractos y que no tienen relación con la experiencia directa. Los conceptos formales deben ser deducidos de modelos teóricos (Gutiérrez, 1984). Ejemplos de conceptos formales son: el electrón, el núcleo y las propiedades de los números.

Algunos conceptos tienen dos niveles de complejidad. Por ejemplo el concepto de temperatura: el nivel concreto se refiere a la experiencia directa de frío o caliente. El nivel formal sería la definición de temperatura de un cuerpo como una medida de la energía cinética promedio de sus moléculas (Gutiérrez., 1984).

Los alumnos que se encuentran en la etapa concreta no entienden o entienden mal los conceptos formales. Las personas que ya llegaron a la etapa formal, comprenden tanto los conceptos concretos como los formales. Si se conoce el nivel psicoevolutivo de los sujetos, así como la demanda intelectual del currículum, se puede predecir la probabilidad de éxito o fracaso de los estudiantes en el aprendizaje de los conceptos (Gutiérrez, 1984). Para aplicar la teoría de Piaget al diseño curricular, se podrían considerar las edades que él postula para la aparición y término de cada una de las etapas. Sin embargo, estudios diversos realizados en varios países demuestran que la mayoría de los sujetos de la cultura occidental no alcanzan la etapa formal a las edades previstas por Piaget. En estos trabajos se reporta que sólo el 30% de la población escolarizada entre los 11 y 16 años alcanza la etapa formal. En cuanto a la población adulta, se muestra que sólo el 50% de los estudiantes universitarios han llegado a esta etapa (Gutiérrez, 1984). La solución parecería ser atrasar la inclusión en el currículum de conceptos que requieran de un pensamiento formal. Sin embargo, debido a que la diferencia entre el nivel de unos y otros alumnos dentro de un

mismo salón de clases puede ser muy contrastante, surge la pregunta de qué hacer con grupos grandes y heterogéneos.

El problema se torna aún más complejo cuando se observa no sólo la disparidad entre unos y otros alumnos del grupo, sino también en la misma persona. Es decir, se observa que un niño para determinado tipo de actividades se encuentra en una etapa y para otro tipo, en otra. Por ejemplo puede estar en el preoperacional para algunas tareas y en el operativo concreto para otras (Resnick, y Chi, 1992). Además, estudiantes de la misma edad, pero con un grado diferente de familiaridad con el contenido, tienen un grado distinto de capacidad para razonar de manera lógica sobre el material de estudio. Su nivel de conocimiento sobre un determinado tema influye en sus habilidades para razonar (Resnick y Chi, 1992).

A pesar de estas diferencias, es posible generalizar y afirmar que la mayoría de los adolescentes se encuentra en la etapa concreta. Sin embargo, la demanda intelectual de la mayoría de los conceptos que integran el currículum corresponde a la etapa formal (Gutiérrez, 1984). Si se pospone el estudio de conceptos con estas características se podrían lograr mejores resultados a nivel universitario; sin embargo, si se tomara una determinación de esta naturaleza, muchos alumnos jamás verían este tipo de temas, como los que optan por carreras no científicas o los que no continúan sus estudios. Por otro lado, dado que aun a nivel universitario muchos estudiantes no han alcanzado la etapa de pensamiento formal, tal vez se debería pensar que le corresponde a la escuela el tratar de apoyar el desarrollo intelectual de sus alumnos y que esta labor debería ser aun más importante que la del aprendizaje de contenidos. Piaget consideraba que es posible acelerar el desarrollo intelectual para facilitar el aprendizaje de conceptos formales, mediante ciertas estrategias pedagógicas (Gutiérrez, 1984). La estrategia más común consiste en provocar un conflicto cognitivo que lleve al individuo a una situación de desequilibrio en sus esquemas mentales de asimilación con el fin de desencadenar los procesos de equilibración necesarios para la construcción de nuevos esquemas. Desgraciadamente, no siempre se logran buenos resultados con este tipo de estrategias. La intervención exterior puede provocar en el sujeto un aumento en la estabilidad de sus esquemas o un desequilibrio mayor, dependiendo de su estado inicial de conocimiento. Si el alumno está muy alejado de la solución operatoria, la ganancia puede ser mínima o nula, en cambio puede ser muy grande para estudiantes que se encuentren en un nivel intermedio. Esto nos lleva a afirmar que el que más aprende, es el que más sabe (Gutiérrez, 1984). En resumen, al operar sobre los esquemas de asimilación del sujeto, el progreso dependerá del nivel inicial de desarrollo de la persona, es decir de los esquemas de asimilación que ya posee.

Algunas acciones que se recomiendan para apoyar la aceleración del desarrollo intelectual son las siguientes:

- Para provocar el conflicto cognitivo se sugiere introducir el nuevo concepto o principio a partir de realidades concretas de manera que el estudiante tenga la oportunidad de manipular los objetos, realizar actividades exploratorias

en forma guiada, hacer preguntas y tratar de describir lo que observan en sus propias palabras.

- Usar expresiones algorítmicas para la resolución de problemas, sólo después de que el sujeto haya tenido la oportunidad de resolverlos con sus propios recursos conceptuales.

- Emplear representaciones simbólicas para referirse al nuevo concepto o principio antes de intentar dar explicaciones abstractas o el uso de un vocabulario científico y

- Aplicar el nuevo concepto o principio a diferentes situaciones, enfrentando al alumno a nuevos conflictos cognitivos que los motiven a buscar nuevas respuestas operativas para solucionar nuevos problemas (Gutiérrez, 1984).

En el siguiente capítulo se verá cómo se puede presentar el material en un contexto no-formal, como un museo interactivo, con base en el nivel de desarrollo intelectual de los visitantes y cómo esta experiencia puede contribuir a la evolución de los esquemas mentales que poseen, así como a su propio desarrollo intelectual.

2.4 EL CONTENIDO DE LAS IDEAS DE LAS PERSONAS

2.4.1 La necesidad de conocer el contenido de las ideas

Hasta la segunda mitad de la década de los setentas, los trabajos sobre el aprendizaje de la ciencia se basaron en gran medida en la teoría de Piaget (Serrano y Blanco, 1988 y Hills, 1989). El interés principal fue incursionar en la vida intelectual de los alumnos con el fin de sustraer las estructuras lógicas y cognitivas subyacentes al pensamiento de los mismos (Hills, 1989)³³. Sin embargo, a pesar de las grandes logros en esta dirección, existían ciertas incógnitas para las cuales el paradigma Piagetiano parecía no tener una solución (Serrano y Blanco, 1988). Una de las cuestiones más preocupantes fue la creciente evidencia empírica de que los alumnos poseen ciertas ideas, previas a la instrucción, en relación a los temas científicos que verán en clase, las cuales frecuentemente están en contradicción con lo que se enseña (Serrano y Blanco, 1988 y Hills, 1989). Lo más sorprendente y preocupante es que estas ideas permanecen casi o totalmente inalteradas, aun después de la enseñanza formal (Viennot, 1979)³⁴. Viennot señala que generalmente se parte del supuesto de que pensamos como fuimos enseñados. Sin embargo, aun en física, campo en el cual la mayoría de las personas consideran que todo lo que saben les fue enseñado, se ha visto que todos compartimos esquemas explicativos de "física intuitiva", no necesariamente adquiridos en la escuela.

³³ Hills, G. (1989). "Students *Untutored* Beliefs about Natural Phenomena: Primitive Science or Common sense?". *Science Education*, 73, no. 2, 155-186

³⁴ Viennot, L. (1979). "Spontaneous Reasoning in Elementary Mechanics" *European Journal of Science Education*, 1, no. 2, 205-221.

Matilde Vicentini (1978)³⁵ afirma que estas ideas no están aisladas sino más bien son parte de una red intrincada de experiencias e interpretaciones que todos construimos a lo largo de nuestra vida. Dependen del medio natural y social de cada persona. Muchas de estas experiencias son compartidas por todos los seres humanos, por ejemplo vivimos en un mundo tridimensional con una dirección vertical preferente; estamos inmersos en aire; nos paramos sobre la superficie de la tierra en donde crecen diferentes especies de animales y plantas; vemos un sol que brilla y calienta; experimentamos cambios de temperatura durante el día y a lo largo del año, así como la lluvia y un viento que sopla. Hay cosas continuas como el agua y otras que son discretas como la arena. También tenemos una noción del tiempo debido a la duración de los eventos de nuestra vida y sabemos que algunos de estos eventos son periódicos y otros no. Además, todos los seres humanos vivimos en una comunidad que comparte y socializa sus experiencias a través del lenguaje. Por lo anterior, todas estas vivencias compartidas y los hechos naturales quedan enmarcados dentro de esquemas de la realidad que pertenecen a una determinada comunidad. Este conjunto compartido de esquemas es lo que se denomina sentido común. Estos esquemas incluyen conceptos o ideas, correctas o incorrectas desde el punto de vista científico, que resultan muy resistentes a cambios.

En 1978, Driver y Easley (Hills, 1989) sugirieron que desde el punto de vista educativo sería más fructífero analizar el contenido de estas ideas y sus explicaciones, que las estructuras lógicas en la que se basaban. El propósito de este tipo de estudios sería comprender las dificultades intelectuales a las que se enfrentan los alumnos para entender la ciencia, mediante la investigación del origen de este conocimiento previo y su interferencia con la instrucción. A partir de ese momento comenzaron a surgir muchos artículos que mostraban el contenido de las ideas de los alumnos y su contraste con las ideas científicas en temas como movimiento, energía, electricidad, fuerza, gravedad, calor, evolución, selección natural, fotosíntesis, estructura de la materia, etc. (Hills, 1989).

Los primeros estudios que se realizaron sobre el conocimiento previo (a un curso) de los alumnos, fueron en el tema de mecánica con resultados sorprendentes y preocupantes. Se mostraba que la mayoría de los estudiantes, incluyendo a los del primer año de la licenciatura de física, utilizaban un esquema aristotélico para explicar el movimiento de los cuerpos y no el newtoniano que se les había enseñando, en repetidas ocasiones, desde sus primeras clases de física en la secundaria (Reynoso, 1998). Al respecto, Viennot (1989) afirma que el estudio de las ideas elementales sobre dinámica es un buen punto de partida para entender la naturaleza del pensamiento espontáneo, puesto que muchas de las ideas que se enseñan en este campo contradicen este tipo de razonamientos. Un ejemplo de un razonamiento aristotélico sería que por lo general se considera intuitivamente que si una pelota es lanzada hacia arriba sigue subiendo debido a un impulso inicial que recibe y que cuando éste se acaba la pelota comienza a

³⁵ Vicentini, M. (1980). "Common Sense Knowledge and Scientific Knowledge". Proceedings of the Conference "World Trends in Science Education" Atlantic Institute of Education. Ed. Mac Fadder. 276-281.

descender. Continúa Viennot explicando que en este tipo de razonamiento (erróneo desde el punto de vista newtoniano), se presupone que existe una relación lineal entre la fuerza y la velocidad y no entre la fuerza y la aceleración (como en el esquema newtoniano). "Tal parece que el razonamiento espontáneo puede ser formalizado con base en leyes propias" (Viennot, 1989). Como resultado de la experiencia cotidiana y utilizando una terminología contemporánea se podrían expresar algunas "leyes de dinámica espontánea" de la siguiente manera:

1) Un cuerpo se mueve debido a un impulso inicial y se detiene cuando este impulso se acaba.

2) Una fuerza constante producirá una velocidad constante de tal manera que la fuerza F se considera proporcional a la velocidad v adquirida por el cuerpo. Esta "segunda ley de la dinámica espontánea" obedece a experiencias cotidianas como el tener que ejercer constantemente una fuerza para mantener un objeto en movimiento (PSSC, 1966, pag. 339)³⁶, algo que todos hemos vivido al tratar de empujar un objeto pesado. Esta manera de pensar corresponde a una explicación aristotélica, propia de los científicos del siglo XIV (Pessoa, 1989, pág 4) y contradice las Leyes de Newton aplicables a los mismos casos. A continuación se presentan las dos primeras leyes de Newton como son enunciadas en un libro de texto del nivel medio (Félix, et. al.)³⁷:

Primera Ley de Newton: "Todo cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme y rectilíneo en tanto que no haya ninguna fuerza neta que actúe sobre él"

Segunda Ley de Newton: "La fuerza neta que obra sobre un cuerpo es el producto de la masa de dicho cuerpo por la aceleración que la produce".

La experiencia cotidiana parece estar en contradicción con estas dos leyes. Obviamente, se puede explicar en términos de las leyes de Newton por qué un objeto pesado se detiene cuando se deja de empujar. El cuerpo se detiene cuando lo dejamos de empujar porque hay otra fuerza que actúa sobre él, esta es la fuerza de fricción con el piso. Sin embargo, como esta fuerza está casi siempre presente en nuestra vida cotidiana, se tiende a no tomarla en cuenta. Otra contradicción evidente es que la fuerza que hace que los cuerpos se muevan es proporcional a la aceleración adquirida por el cuerpo, en el esquema newtoniano, y no a la velocidad como se piensa comúnmente

Se han dado diferentes explicaciones sobre el origen y la resistencia al cambio de estas ideas no científicas de las personas, generalmente dentro del ámbito escolar. Algunos piensan que se debe a una falta de interés o estudio por parte de los alumnos, para otros la "culpa" es más bien de los maestros de cursos

³⁶ Physical Science Study Committee (PSSC) (1966). *Física* Ed Reverté Barcelona, Buenos Aires, México, pag. 339.

³⁷ Félix, Estrada, A., J. de Oyarzabal, M. Velasco H (1972) *Lecciones de Física*. CECSA, México. Lecciones 7 y 11.

anteriores; "carecen de buenas bases" o "vienen muy mal preparados " son algunas de las frases más comunes (Serrano y Blanco, 1988). Algunos autores piensan que es necesario revisar los métodos de enseñanza y buscar nuevas estrategias de instrucción. Otros investigadores consideran que lo que se requiere es comprender qué es el sentido común. Con esta última perspectiva, no se califican como erróneas las ideas de los alumnos cuando no coinciden con las académicas, sino más bien como una manera de pensar que se manifiesta en nuestra conversación cotidiana (Viennot, 1979).

Al proponer estrategias se debe tomar en cuenta, al iniciar la enseñanza de un nuevo tema, que el estado del conocimiento del maestro es muy diferente al de los alumnos. Si no se parte de este hecho, el resultado será una comunicación deficiente, puesto que los alumnos muchas veces entenderán algo que no fue lo que el maestro supone que explicó. A pesar de que el punto de partida no es el mismo para maestro y el alumno, este último no es un receptáculo vacío en el cual el primero va a verter sus conocimientos. El estudiante, como cualquier otra persona, posee todo un bagaje de ideas, creencias y experiencias, que son, como ya se comentó, el resultado de su interacción con el mundo natural y social al cual pertenece (Reynoso, 1998).

Todas estas ideas y vivencias que cada uno de nosotros ha estado acumulando a lo largo de la vida servirán de base para interpretar toda nueva información. Por lo tanto, ante una situación de aprendizaje es posible que los alumnos "construyan sus propios objetivos, intenciones y conclusiones que son los que dirigen sus pensamientos y acciones subsecuentes" (Serrano y Blanco, 1988).

Evidentemente, para reducir estas dificultades de comunicación entre estudiantes y el docente, este último debe conocer las ideas con que los primeros se acercan a una situación de aprendizaje y comenzar a estructurar el proceso de enseñanza-aprendizaje desde ahí.

Cabe resaltar que si bien este tipo de estudios comenzaron en el ámbito escolar, analizándose sólo el contenido de ideas de los estudiantes de diferentes niveles, el problema no es exclusivo del contexto formal. Resnick y Chi (1992) comentan que tanto dentro como fuera de la escuela, las personas tratan de entender el mundo que les rodea con la información que tienen. Cuando su conocimiento científico es insuficiente, tienden a desarrollar esquemas (tal vez no científicos), que una vez construidos, son utilizados para interpretar toda nueva información. Estos esquemas, como ya se mencionó, pueden volverse muy resistentes y persisten aún después de la instrucción formal al grado que todavía se encuentran presentes en la mente de los adultos. El hecho de que estén tan arraigados sugiere que el desarrollo lógico por sí solo no es suficiente en la construcción de explicaciones de los hechos que nos rodean.

¿Cómo deben entenderse estas ideas previas a la instrucción?; ¿cuál es su origen?; ¿qué papel juega la experiencia de los alumnos, no sólo en el aula, sino, en su vida cotidiana también?; una vez adquiridas por una persona, ¿bajo qué circunstancias cambian y en qué dirección? Éstas son algunas de las

preguntas formuladas por Hills (1989) y que se intentarán responder en la siguiente sección.

2.4.2 La interpretación del conocimiento previo de los alumnos

Ausubel hace la siguiente aseveración: "Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, diría lo siguiente: el factor aislado más importante que influye en el aprendizaje, es aquello que el aprendiz ya sabe. Averigües esto y enséñese de acuerdo a ello" (Moreira, 1995 a)³⁸. Moreira desglosa esta frase y afirma que aunque en principio parece simple, lo que implica, no lo es. Al hablar de "aquello que el aprendiz ya sabe", Ausubel se está refiriendo a la estructura cognitiva del sujeto, es decir el contenido total de sus ideas relacionadas con el tema que nos interesa y cómo están organizadas y vinculadas entre sí. También es de gran utilidad analizar cómo se fue construyendo ese conocimiento previo. El conocimiento previo al que se hace referencia no son los pre-requisitos necesarios para comprender la nueva información ó material educativo, sino más bien los aspectos específicos de la estructura cognitiva que serán relevantes al sujeto para aprender lo nuevo que se le presenta. La expresión "averigüese esto" implica develar la estructura cognitiva preexistente para lo cual se requiere un marco teórico. Por último, "enséñese de acuerdo a ello" implica la necesidad de una metodología determinada en la cual está implícita un punto de vista sobre como se aprende, así cómo la interpretación que se le da al conocimiento previo y cómo se utilizará esta información a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para iniciar este análisis es pertinente retomar la pregunta: ¿deben interpretarse estos conocimientos no-científicos de los alumnos como errores o como una manera alternativa de ver el mundo? En ocasiones la respuesta a la primera pregunta es afirmativa. Los alumnos cometen esos errores porque simplemente carecen de información (Serrano y Blanco, 1988). Por ejemplo al no saber el tamaño o la ubicación precisa de algún órgano de nuestro cuerpo, se podría dar una respuesta equivocada. Sin embargo, si se da una explicación distinta a la aceptada por la medicina ortodoxa en cuanto al funcionamiento del cuerpo, entonces sí se trata de una visión alternativa, cómo la china.

Por lo general, las ideas de las personas no están aisladas, sino que se encuentran relacionadas con otras. Durante las entrevistas realizadas con el fin de conocer el contenido de éstas, es frecuente observar un conjunto de ideas mal expresadas y relacionadas entre sí con poco cuidado. Sin embargo, en ocasiones se llega a observar un conjunto de ideas relacionadas coherentemente con base en un razonamiento lógico (Borum, et. al., 1993)³⁹.

³⁸ Moreira, M. A. (1995a). "La Teoría del aprendizaje significativo". La enseñanza del electromagnetismo basada en la teoría del aprendizaje significativo. Coordinación de Programas Académicos, UNAM, Curso impartido en la Facultad de Ciencias, UNAM, 1 al 8 de abril de 1995.

³⁹ Borum, Minda, Massey y T. Lutter (1993). "Naive Knowledge and the Design of Science Museum Exhibits". *Curator*. 36, no. 3, 201-219.

No siempre se utilizan las relaciones de causa-efecto para asociar variables. Algunas explicaciones se pueden calificar de teleológicas, es decir, las cosas son porque así deben de ser. Por ejemplo, se necesita de la gravedad para que no salgamos volando hacia el espacio. También es común encontrar que la gente piense que en el mundo existe un equilibrio muy delicado y que nada se puede alterar sin poner en peligro el todo (Borum et. al., 1993).

Estas ideas son construcciones personales, resultado de un proceso de interiorización de las experiencias vividas y que a su vez van a influir en la manera en que son interiorizadas nuevas experiencias (Serrano y Blanco, 1988). A pesar de que estas construcciones son personales, es común encontrar concepciones similares en individuos de medios e incluso países diferentes (Serrano y Blanco, 1988), al menos en los de cultura occidental. Como se comentó en la sección anterior, la explicación podría ser que las experiencias sensoriales son las mismas para todos (la interacción con el mundo natural) y que existen muchos factores, como la escuela, libros de texto, medios masivos de comunicación (interacción con el medio socio-cultural) que homogeneizan nuestra visión del mundo (Reynoso, 1998). Por lo tanto, se puede hablar de un sentido común universal (Vicentini, 1978).

Para ejemplificar lo expuesto, haré referencia a un trabajo realizado con un grupo de colaboradores sobre los esquemas que presentan estudiantes de diferentes niveles escolares en relación a la caída libre de los cuerpos en la tierra y la luna (Reynoso, et. al. 1993)⁴⁰. La muestra con que se llevó a cabo este estudio fue de 302 estudiantes: 33 de primaria, 158 de secundaria y 111 del nivel medio superior. En un primer nivel de análisis se encontraron dos esquemas básicos: uno en que los sujetos utilizan la misma fenomenología para la tierra y la luna, y el otro en que las fenomenologías son distintas. A grandes rasgos estos esquemas sería los siguientes:

Esquema A: Todos los cuerpos caen en la tierra y la luna

Esquema B: Los cuerpos caen en la luna y flotan en la tierra.

Los esquemas varían de acuerdo al nivel educativo. Dentro de cada uno de estos esquemas se encontraron varios subesquemas que representan diferentes "modelos" para explicar la fenomenología que consideraban correcta. Se encontró un tercer esquema, que se etiquetó como AB porque es una combinación de ambos. Esto es, para el caso de la luna, aplican el esquema A para objetos pesados y el B para objetos ligeros.

A grandes rasgos los esquemas encontrados, así como el número de sujetos que los presentaron, fueron los siguientes:

Esquema A primitivo: se denominó de esta manera porque los alumnos no daban ninguna explicación, simplemente describían los hechos.

Sujetos que lo presentaron: primaria: 5, secundaria: 19 y medio superior: 1

⁴⁰ Reynoso, H. E., et. al. (1993). "The Alternative Frameworks Presented by Mexican Students and Teachers Concerning Free Fall of Bodies". *International Journal of Science Education*, 15, no. 2, 127-138.

Esquema A₁: los cuerpos caen en la tierra y la luna debido a la fuerza que la gravedad ejerce sobre ellos. La fuerza de gravedad en la tierra f_{gt} es mayor que la fuerza de gravedad en la luna f_{gl} . Este es el esquema correcto desde el punto de vista de la ciencia.

Lo presentaron: primaria: 0, secundaria: 8, medio superior: 10

Es notable observar que sólo 18 estudiantes de los 302 entrevistados daban una respuesta aproximadamente correcta.

Esquema A₂: los cuerpos caen en la tierra y la luna. A pesar de que tienen la fenomenología correcta, contestan que esto es debido a que la fuerza de gravedad en la tierra es menor que la de la luna. Evidentemente su idea de gravedad no es la de los científicos.

Lo presentaron: primaria: 0, secundaria: 3 y media superior: 0

Esquema B primitivo: mencionan que los cuerpos caen en la tierra y flotan en la luna pero no dan mayor explicación.

Lo presentaron: primaria: 28, secundaria: 30, media superior: 5

Esquema B₁: los cuerpos caen en la tierra y flotan en la luna debido a que la fuerza de gravedad en la luna es débil o nula. Este esquema incorrecto fue el más frecuente, lo presentaron 119 de 302. Algunos respondían que los objetos en la luna flotan porque son atraídos por la gravedad terrestre o debido a una propiedad del espacio qué hacía que los cuerpos flotaran.

Lo presentaron: primaria: 0, secundaria: 40, media superior: 79

Esquema B₂: los cuerpos caen en la tierra y flotan en la luna debido a que la fuerza de gravedad en la tierra es menor que en la luna. Nuevamente el concepto de gravedad no es el científico.

Lo presentaron: primaria: 0, secundaria: 44, media superior: 6

Esquema B₃: los cuerpos caen en la tierra debido a la presión atmosférica, pero como en la luna no hay atmósfera, los cuerpos flotan. En este esquema se presenta una idea errónea de lo que es presión atmosférica, como resultado del énfasis que se da a la misma, así como a comentarios como "el aire que está sobre nosotros tiene una masa de varias toneladas". Los sujetos responden que debido a que el aire que está encima de nosotros pesa mucho, no salimos "volando" de la tierra. Por lo tanto, como en la luna no hay aire, las cosas flotan.

Lo presentaron: primaria: 0, secundaria: 6, media superior: 0

Esquema B₄: los cuerpos caen en la tierra por su peso, en cambio en la luna flotan por el viento, esto es la atmósfera de la luna, el viento solar, etc.

Lo presentaron: primaria: 0, secundaria: 8, media superior: 0

Esquema AB: la caída de los cuerpos en la luna depende de su peso y su gravedad. Los cuerpos pesados caen y los ligeros flotan. Este modelo se podría calificar como de transición, puesto que ya tiene algunos elementos del científico, aunque sigue estando presente el sentido común.

Lo presentaron: media superior: 10.

De los resultados obtenidos se pueden hacer varias observaciones generales:

- a) Todos los esquemas, excepto los dos que fueron etiquetados de primitivos, muestran una cierta coherencia en la forma de explicar los fenómenos, aunque la mayoría de éstas no coinciden con la explicación científica.
- b) Muy pocos alumnos (18 del total de los 302 entrevistados) tenían el esquema A₁, que es el que más se aproxima al científico. En cambio muchos (119 de 302) tenían el esquema B₁, que se caracteriza por tener todos los conceptos académicos correctos, con la excepción de que se utiliza una fenomenología para la tierra y otra para la luna. La influencia más fuerte fue la imagen televisada de los astronautas flotando.
- c) Se observa una incorporación de un vocabulario académico conforme se avanza en el sistema escolarizado, aunque no existe mucha evolución en el núcleo principal del esquema y la influencia del sentido común es muy persistente. El esquema AB que se presenta solo a nivel medio superior es un claro ejemplo de lo anterior.
- d) Por último, es interesante señalar que los resultados presentados en este estudio coinciden con los obtenidos por otros grupos en otros países como Watts y Zylbersztajn (1981) y Noce, *et al.*, (1988) (Reynoso, *et al.*, 1993). Se concluye, nuevamente, que muchos esquemas son universales. También se observa el carácter temporal de éstos, puesto que la razón fundamental para la aparición de los esquemas B es la transmisión de las imágenes televisadas de los astronautas. Seguramente estos esquemas no existían antes de que la llegada del hombre a la luna en 1969.

Con el fin de desarrollar un marco teórico que sirva para interpretar, analizar y aplicar los resultados obtenidos de los estudios como el anterior, distintos grupos de investigación han propuesto diversos términos para caracterizarlo, incrementándose así la lexicología utilizada. Algunos de estos términos son: errores conceptuales, la ciencia de los niños, creencias de sentido común, ideas intuitivas, jerarquías proposicionales limitadas o inapropiadas y creencias ingenuas, por mencionar algunas (Hills, 1989). Cada uno de estos términos representa una determinada interpretación de este conocimiento "no escolarizado" que conlleva una postura epistemológica. Hills señala que las diferencias entre lo que representa cada uno de estos términos son superficiales y que la mayoría de estos enfoques pueden ser enmarcados bajo un marco teórico global. El eje central de este marco teórico es que las ideas "no escolarizadas" sobre diferentes temas científicos, son una forma embrionaria de ciencia. Es decir, que pueden ser calificadas como algún tipo de ciencia primitiva, ingenua o

no sofisticada. Vistas así, un buen parámetro para evaluar tanto el contenido como la evolución de estas ideas, sería el conocimiento científico.

Dentro de este marco global de "ciencia primitiva o poco sofisticada" es posible distinguir algunas ligeras variaciones. La primera de éstas, que también fue la primera que apareció, es la perspectiva de error conceptual. Con esta óptica, expresiones como: "las personas no son animales" o "el calor es una substancia", son etiquetadas como erróneas, incorrectas o defectuosas, por no coincidir con las explicaciones científicas. Sin embargo, con el tiempo se vio que una idea sola no es una unidad viable de análisis (Hills, 1989), puesto que tanto las palabras como las ideas adquieren diferentes significados según el contexto. Por lo tanto, se deben examinar las ideas considerándolas parte de un esquema más general, tomando en cuenta su relación con otras ideas. Considerando esta nueva propuesta para el análisis, la pregunta inicial continúa: ¿deben verse como ideas científicas equivocadas o más bien simplemente como concepciones no científicas? Si se responde afirmativamente a la segunda parte de esta pregunta, entonces son susceptibles de ser evaluadas con otros parámetros que no son los científicos. Por ejemplo, las ideas pueden tener una base religiosa, de sentido común o tal vez una manera alternativa de entender la naturaleza.

La segunda perspectiva dentro de este marco general de la ciencia primitiva es la que incluye la orientación de la ciencia de los niños. En esta corriente, representada por Gilbert, Osborne y Fensham, se sostiene que estas ideas son parte de una estructura conceptual que ofrece una manera coherente para entender el mundo desde el punto de vista del niño (Hills, 1989). Vicentini (1980) considera que los niños y los adultos no-científicos, utilizan una cierta "metodología intuitiva", de manera parecida a la que emplean los científicos para entender el mundo. Esta "metodología" consiste en buscar semejanzas y diferencias para organizar hechos y fenómenos, así como elementos que les permitan establecer relaciones y así construir estructuras. Al igual que los científicos, llegan a formular "modelos" que sirven para explicar estos hechos y para hacer predicciones.

Existen varias características de la ciencia de los niños que la distingue de la de los científicos. Algunas de éstas son: los niños suelen tener dificultades para los razonamientos abstractos, sus puntos de vista suelen ser egocéntricos o antropocéntricos, no les preocupa la precisión del lenguaje y tampoco le ponen demasiada atención a la falta de coherencia o a las contradicciones en sus explicaciones. Además, tampoco ven la necesidad de contar con "modelos" con un rango amplio de aplicación, sino que más bien desarrollan modelos específicos para casos particulares (Hills, 1989). Por ejemplo, en el caso de la caída libre de los objetos en la tierra y la luna, la mayoría de los entrevistados presentaron una fenomenología distinta para cada caso (Reynoso, et.al., 1993) una para la luna y otra para la tierra.

Las características propias de la "ciencia de los niños" también son aplicables a la mayoría de los adultos que se dedican a alguna actividad ajena a la ciencia. Vicentini (1980) presenta una discusión sobre el paralelismo entre el conocimiento científico y el conocimiento del sentido común en cuanto a cómo se

construye cada uno. Todos los científicos de un cierto campo poseen un conocimiento científico común, así como un conocimiento específico de acuerdo a su especialidad. Por ejemplo, los físicos del estado sólido y de partículas elementales comparten un conocimiento general de la física, pero lo más probable es que los de un campo no entiendan a los otros cuando se traten temas de alta especialidad. Este conocimiento que es común a los físicos, difiere del conocimiento que es común a los biólogos o químicos. Lo que si comparten todos los científicos de la ciencias experimentales es un lenguaje común sobre la metodología. Su entrenamiento profesional les ha enseñado a reunir datos, a interpretarlos y a pensar lógicamente cuando tienen que distinguir entre argumentos falsos y verdaderos para estructurar lo que han aprendido para ampliar su conocimiento.

El conocimiento de sentido común, al igual que el conocimiento científico, se conforma de un conjunto de ideas o esquemas que son compartidos por todos los miembros de una sociedad. Sin embargo, así como se puede encontrar diferentes niveles en cuanto al conocimiento compartido por diferentes sectores de la comunidad científica, lo mismo ocurre dentro de una sociedad. El dominio de los esquemas cognitivos y de las habilidades dependerá de su uso, es decir, de las actividades diarias o de las ocupaciones de cada uno de nosotros. Por lo tanto, en una misma comunidad, pueden existir muchos niveles de conocimiento de sentido común, todos ellos con un origen común en lo que se refiere al mundo natural (Vicentini, 1982). Por lo tanto, se podría identificar un primer nivel y un último nivel de conocimiento en relación a un conjunto de hechos de la naturaleza. El primer nivel correspondería a nuestro conocimiento cotidiano y el último al conocimiento científico especializado. Este último nivel difiere de todos los demás porque es compartido sólo por un sector reducido de la comunidad la científica mediante el uso leyes, esquemas, teorías y modelos que son comunicados explícitamente en forma sistemática (Vicentini, 1982, pag. 5), con reglas muy precisas, definidas por la misma comunidad para determinar su aceptación o rechazo (Barrera y Gallardo, 1982)⁴¹.

Vicentini (1980) comenta que un paso importante para la enseñanza de la ciencia es reconocer las diferencias y similitudes entre el conocimiento científico y el conocimiento del sentido común. Estas diferencias y similitudes se pueden encontrar en el lenguaje utilizado, la forma de construir el conocimiento y la forma de relacionar los hechos.

Nagel (1978)⁴² enumeró las siguientes diferencias entre el sentido común y el conocimiento científico, las cuales se resumen a continuación:

1) La forma de relacionar y analizar las observaciones es distinta .

Muchas de las ciencias especiales surgieron de las preocupaciones prácticas de la vida cotidiana, por ejemplo: la geometría, de los problemas de medición de los campos; la biología, de los problemas de salud, y la cría de animales; y la

⁴¹ Barrera, R. y A. Gallardo (1982). "Sobre la confrontación teoría-experimento". *Revista Mexicana de Física*, 28, no. 4, 683-720.

⁴² Nagel, E. (1978). "La ciencia y el sentido común". *La estructura de la ciencia*. Ed. Paidós, Buenos Aires, Argentina, 15-26.

química, de la industria metalúrgica y los pigmentos, por mencionar algunas. De este tipo de observaciones se podría pensar que la ciencia es el sentido común organizado o clasificado. Esta afirmación es parcialmente cierta. Sin embargo, el que los datos de las observaciones se presenten de forma ordenada y clasificada no es suficiente para llamar ciencia a este tipo de conocimientos. Existe una característica que distingue el conocimiento científico y es que en éste se busca también entender el porqué de los hechos. Por ejemplo, un agricultor sabe que es recomendable abonar la tierra para tener una buena cosecha, pero generalmente no se preocupa por saber la razón de esto. Cuando intenta buscar una razón, lo más probable es que sus intentos carezcan de pruebas críticas y controladas para vincular los hechos. Seguramente sus conclusiones no estarán formuladas en términos generales que le permitan aplicar sus conocimientos a otras situaciones. Esta característica del sentido común es aplicable a otras observaciones. Por ejemplo, en la física newtoniana se vinculan muchos hechos que en el sentido común se tiende a considerar por separado, proposiciones concernientes al movimiento de la luna, las mareas y la trayectoria de proyectiles. Lo mismo ocurre con los conceptos de gravedad y peso. Para la ciencia, el peso es una consecuencia de la gravedad, en cambio en el sentido común la primera es una propiedad del espacio y la segunda de los objetos. Por otro lado, también se llega a relacionar el peso con la presión atmosférica, cuando la ciencia considera que no existe ninguna relación entre uno y el otro. Sin embargo, para una mente que está libre de prejuicios académicos es difícil separar estos hechos puesto que el aire es algo que está presente siempre.

2) En el sentido común difícilmente se establecen los límites de validez de sus prácticas. En el sentido común se muestra poco interés por explicar sistemáticamente los hechos, así como el ámbito de aplicación o las restricciones de éste. Retomando el ejemplo del agricultor, generalmente su manera de proceder es el fruto de la tradición y hábitos rutinarios, sin un análisis de la razón de sus éxitos. Estas costumbres lo pueden llevar a suponer que la fertilidad de la tierra aumentará con el uso continuo del abono. Sin embargo, se observa que con el tiempo se va empobreciendo. A través de la ciencia se podría analizar cómo funciona el abono tomando en cuenta aspectos como la química del suelo y se concluirá que el uso del abono sólo tiene validez restringida.

3) En el sentido común se pueden encontrar ideas que son incompatibles y a veces contradictorias. Se requiere un análisis sistemático de los hechos y buscar las relaciones lógicas entre proposiciones para poder detectar las incompatibilidades o las contradicciones. Este procedimiento es característico de la ciencia, mas no del sentido común.

4) Las creencias cotidianas pueden perdurar hasta varios siglos; en cambio, la vida media de algunas proposiciones científicas puede ser relativamente corta. Lo anterior es una consecuencia de la falta de precisión del conocimiento de sentido común, que imposibilita que éste sea sometido a un análisis riguroso y sistemático. Esto se manifiesta particularmente en el lenguaje ordinario, que se caracteriza por su vaguedad. El significado de las palabras no sólo varía de acuerdo al contexto, sino también de un individuo a otro. El ámbito

de validez de los enunciados tampoco está claramente determinado. En cambio, la precisión de los términos y la delimitación de los rangos de aplicación de la ciencia permite que ésta sea susceptible de ser refutada a través de, por ejemplo, un experimento controlado.

5) El sentido común, a diferencia del conocimiento científico, se caracteriza por su antropocentrismo. Las explicaciones de sentido común suelen girar en torno al ser humano, en cambio en la ciencia el hombre es sólo un elemento más en la naturaleza. Un ejemplo que ilustra lo anterior es en relación a las plantas y la fotosíntesis. Es común encontrar respuestas como que la función de la fotosíntesis es absorber el bióxido de carbono del ambiente y liberar oxígeno y por lo tanto es importante conservar las áreas verdes y cuidar las plantas. La explicación científica muestra que la fotosíntesis es un proceso mucho más complejo, gracias al cual las plantas elaboran su propio alimento. Las plantas y las áreas verdes son importantes para mantener el equilibrio ecológico en el planeta, esté ó no presente el ser humano.

6) El conocimiento científico es sometido a un escrutinio riguroso para determinar su validez, el sentido común no. Este punto ya ha sido comentado con anterioridad. El supuesto "método científico" o simplemente el análisis de cómo se construye el conocimiento científico, ha sido ampliamente discutido por muchos autores que presentan diferentes posturas epistemológicas, por lo cual no se ahondará más en este punto.

Con base en los argumentos presentados, se analizará la tercera perspectiva planteada por Hills (1989) para entender el conocimiento "no escolarizado" a partir del enfoque de que éste representa una especie de "ciencia primitiva". Esta visión de ciencia primitiva es la que sostienen varios autores como Champagne, Klopfer y Anderson (Hills, 1989). Estos investigadores sostienen que las "ideas no escolarizadas" tienen una base científica, no tanto por el método con el cual fueron construidas, sino por su paralelismo con el conocimiento científico de otras épocas. Ya se mencionaron algunos ejemplos de esto, como la semejanza entre las ideas de sentido común y el pensamiento aristotélico o el que considera que el calor es una especie de fluido con propiedades similares a las del calórico, una teoría científica de principios del siglo XIX. Los que apoyan esta tercera perspectiva proponen una aplicación interesante como estrategia didáctica. Se discuten los modelos científicos de otras épocas para que los alumnos reflexionen sobre las limitaciones de sus propias explicaciones y las ventajas de los modelos contemporáneos. Además, el estudio de la historia de la ciencia, comparando teorías científicas de otras épocas con las actuales, ayuda al alumno a entender que la ciencia se encuentra en constante evolución.

La cuarta perspectiva es la de esquemas alternativos. La primera perspectiva mencionada, la de errores conceptuales, parte del supuesto que éstos son el resultado de la interacción con el conocimiento científico, el cual ha sido mal interpretado e incorrectamente asimilado. Desde la perspectiva de esquemas alternativos, se interpreta el "conocimiento no escolarizado" de los alumnos como el producto de sus intentos imaginativos para entender los

fenómenos naturales. Sin embargo, se siguen calificando como una ciencia mal entendida o mal asimilada (Hills, 1989). Evidentemente es difícil separar lo que proviene del encuentro con la ciencia de lo que proviene del esfuerzo del propio alumno por entender la naturaleza.

Driver y Easley (1978) presentan una interpretación diferente del término de esquemas alternativos. Los consideran como un conjunto de creencias que representan una manera alternativa (no científica) de ver el mundo. En esta segunda concepción de esquemas alternativos, las ideas de los alumnos son exploradas en su propio contexto, sin compararlas con un marco externo definido, como puede ser el de la ciencia. Hills (1967) apoya esta visión porque considera que es la única manera de obtener una interpretación acertada y no limitada o sesgada del conocimiento "no escolarizado".

Coincido con Hills, en que ésta es la interpretación más adecuada porque no descalifica otras visiones o maneras de ver o entender el mundo, al considerar la científica como la única vía correcta de explicación. La postura epistemológica en que se apoya esta perspectiva, es la que considera a la ciencia como un producto social que se desarrolla con base en reglas dictadas por una comunidad científica, que pertenece a una sociedad con una cultura y determinadas necesidades que también influyen en los rumbos que toma la ciencia. No se ve a la ciencia como la manera "correcta" de entender el mundo. Tampoco se considera que la ciencia se desarrolla gracias a una lógica interna y a una supuesta objetividad que da el "método científico", en la cual la naturaleza juega un doble papel: el de objeto de estudio y juez de los resultados obtenidos al estudiarla. La gran dificultad de esta perspectiva es la tentación de utilizar la ciencia como parámetro para evaluar y calificar el "conocimiento no escolarizado". Para analizar el contenido del "conocimiento no escolarizado", desde esta perspectiva, se debe buscar la lógica y la coherencia dentro del esquema del los propios sujetos. Esto implica que al analizar estas ideas, el investigador tiene que "despojarse" de sus propios esquemas para verdaderamente introducirse en los del sujeto estudiado. A pesar de lo anterior, es muy posible que los esquemas alternativos si contengan algo de ciencia, puesto que esta ya es parte del sentido común. Sin embargo, se debe tener presente que los mismos términos o palabras pueden tener un significado distinto en el contexto científico y en el del esquema que se analiza. A partir de este momento se utilizará el término de "esquemas alternativos" para referirse al conjunto de ideas relacionadas utilizadas por los sujetos para entender el mundo que les rodea.

2.4.3 Origen y características de los esquemas alternativos

2.4.3.1 Origen de los esquemas alternativos:

Las ideas intuitivas y los esquemas alternativos no son necesariamente las respuestas espontáneas que surgen cuando se entrevista a los sujetos. Son puntos de vista de sentido común, ampliamente compartidos y persistentes. Puede ocurrir que se basen en un razonamiento compartido erróneo, que puede

ser debido a una falta de información. Como se vio en el ejemplo de caída libre, es frecuente que las personas compartan la idea de que la razón por la cual los astronautas y por consiguiente los objetos flotan en el espacio es porque en el espacio no hay aire y sin éste los objetos flotan. Serrano y Blanco (1988) clasifican los posibles orígenes de estos esquemas en tres grupos que se señalan a continuación:

a) Las experiencias y observaciones de la vida diaria.

Frecuentemente las experiencias de la vida diaria parecen contradecir lo que nos dice la ciencia. Por ejemplo, todos hemos visto que los objetos más ligeros, como puede ser una hoja de papel, una pluma de ave o una pelota de unicel, caen más lentamente que una piedra si los soltamos de la misma altura. La física nos dice que todos los cuerpos deben llegar al suelo al mismo tiempo, puesto que la fuerza de gravedad que se ejerce sobre cada uno de estos objetos es la misma. Lo que muchas veces se pasa por alto es que esto sólo ocurre en el vacío, donde no hay fricción con el aire. Como ésta es una experiencia que difícilmente se tiene, no es muy creíble.

b) El uso del lenguaje.

Hay muchas palabras, de uso cotidiano que tienen un significado muy específico y distinto en el contexto científico. Ejemplos de estas palabras son: luz, fuerza, trabajo, calor, vacío, fruto, animal, energía, mezcla, masa, peso, etc. Generalmente cuando un no-científico escucha o lee estas palabras piensa en su significado cotidiano y no el significado científico. A veces los mismos científicos utilizan "mal" estas palabras intencionalmente para poder comunicarse con las demás personas en un contexto cotidiano. Algunos ejemplos evidentes de lo anterior se encuentra con palabras como peso, masa o foco. Esta última palabra tiene diferentes significados para distintos campos de la ciencia, como puede ser en la óptica ó la geometría y en el lenguaje cotidiano es un bombillo eléctrico que sirve para la iluminación, por lo tanto, al utilizar una palabra como foco, es necesario precisar a qué significado nos referimos.

c) El refuerzo de la cultura.

Diferentes grupos sociales tienen distintas creencias y prácticas que se encuentran mezcladas con concepciones "académicas" sobre el mundo en que viven.

2.4.3.2 Características de las concepciones alternativas

No todos los errores cometidos por las personas pueden considerarse concepciones alternativas. Tampoco se puede decir que todas las dificultades para aprender ciencia se deban a su existencia (Serrano y Blanco, 1988). Estas dificultades se deben a muchos otros factores como son: la forma abstracta en que se presentan los conceptos o aspectos de orden afectivo relacionados con el ambiente en el aula, o la comunicación con el profesor. Como ya se mencionó en la sección 2.4.3.1., un error también puede ser el resultado de información mal transmitida, mal interpretada o a la carencia de esta.

Un esquema alternativo es una estructura mental con un cierto nivel de coherencia interna. Estas estructuras son construcciones personales de los sujetos al ir interiorizando las experiencias que viven con base en un cierto razonamiento que les parece lógico. Los esquemas alternativos tienen varias características que se señalan a continuación:

a) Son universales: la literatura muestra que las concepciones de las personas, ante ciertos hechos, son similares en diferentes medios sociales y en países distintos. Esto se podría explicar por la influencia que las experiencias sensoriales tienen en la creación de dichas ideas (Serrano y Blanco, 1988). Todos presenciamos más o menos los mismos fenómenos naturales: el día, la noche, cómo se dan los cambios de temperatura, la caída de los cuerpos, etc.

Además, la escuela y los medios masivos de comunicación tienden a homogeneizar nuestro conocimiento del medio y de los fenómenos naturales (Reynoso, 1998). A pesar de lo anterior, pueden existir algunas variantes locales, por ejemplo, las concepciones sobre las plantas de una persona que trabaja con ellas o que vive en la selva será distinta a la de una persona que vive encerrada en un ambiente urbano. También se pueden observar diferencias en cuanto a las concepciones sobre la luz o la temperatura de una persona que vive en latitudes cercanas a los polos.

b) Son temporales: aunque los esquemas tienden a ser universales, también se observa que cambian con el tiempo debido a que ciertos conocimientos propios de la ciencia se incorporan al sentido común. Por ejemplo, en un estudio que realizamos con el fin de conocer las ideas del público meta en relación a la contaminación y la inversión térmica, se encontró que éste último término, ampliamente empleado por todos los medios desde hace unos años, se ha incorporado al vocabulario de las personas que viven en la Ciudad de México. Sin embargo, la mayoría de las personas piensan erróneamente que es la causante de o es un efecto de la contaminación. No entienden que son dos hechos independientes y que puede existir uno sin el otro. Sin embargo, como los medios masivos de comunicación los asocian, también lo hacen las personas (Ramos, et. al. 1992)⁴³.

Otro caso de la temporalidad de los esquemas fue encontrado en un estudio efectuado para conocer las ideas previas de los visitantes en relación al tema de la fotosíntesis (Guerra y Reynoso, 1993.)⁴⁴. En una muestra de 168 estudiantes (39 de secundaria, 117 de preparatoria y 18 de primer ingreso a la carrera de biología), sólo el 9.5% poseían una idea aproximadamente correcta de lo que significa el proceso de fotosíntesis. De la parte restante de la muestra, el 50.7% consideraban que la fotosíntesis es un proceso inverso a la respiración en el cual, las plantas toman el bióxido de carbono del ambiente y liberan oxígeno, contrariamente a lo que hacen los animales. Varios de los entrevistados sabían

⁴³ Ramos, M. P., E. Reynoso y M. P. Segarra (1992). "Conceptos alternativos en relación a la inversión térmica". XXXV Congreso Nacional de Física, Puebla, Pue.

⁴⁴ Guerra, M. y E. Reynoso (1994). "Alternative Frameworks Concerning Photosynthesis". *Theory, Research and Practice*. Proceedings of the Visitor's Studies Conference. Raleigh, N.C. EE.UU., 16.

de la importancia de la luz solar para que se realice la fotosíntesis y comentaban que en la noche al no haber luz solar, las plantas consumen oxígeno, por lo cual las plantas que están dentro de la casa nos "roban" el oxígeno y es conveniente sacarlas de la habitación. Otros alumnos presentaban una idea novedosa y contraria a esta, consideraban que las plantas servían como filtros de la contaminación por lo cual es conveniente tenerlas dentro de la casa para purificar el ambiente. Esta idea seguramente es el resultado de las campañas de educación ambiental promovidas a través de los medios de comunicación. Expresiones como "cuidemos los bosques porque son los pulmones de la ciudad", claramente pueden llevar a conclusiones como la anterior. Tanto en el caso de la inversión térmica como en el de la fotosíntesis se observa la temporalidad de los modelos explicativos de las personas, así como el impacto de los medios en la formación y la evolución del sentido común.

Un último ejemplo en el cual se observa la universalidad y temporalidad de los esquemas alternativos es el de la caída libre de los cuerpos en la tierra y la luna. Muchos de los sujetos entrevistados que tenían alguno de los esquemas de que los objetos flotan en el espacio, justifican su respuesta porque vieron las imágenes televisadas de los astronautas flotando en el espacio (Rugiero et. al. 1985)⁴⁵

c) Pueden tener cierto grado de validez: esto ocurre sobre todo con las representaciones de fenómenos observables (Serrano y Blanco, 1988). La tendencia hacia el pensamiento concreto hace que las personas centren su atención en ciertas variables de un determinado fenómeno e ignoren otras. Es decir, las variables que los científicos toman en cuenta para la explicación de los fenómenos, no son necesariamente las mismas en las que se fijan los no-científicos. Si el mismo fenómeno es presentado a los alumnos en otro contexto, lo interpretan como un fenómeno nuevo, no lo ven dentro de un contexto más general como lo haría un científico. En el caso de la caída de los cuerpos, aplican un razonamiento para la tierra y otro para la luna y no ven que se trata del mismo fenómeno.

d) Las concepciones están muy arraigadas y son resistentes al cambio: la resistencia al cambio puede deberse a que las personas se sienten más seguras explicando los fenómenos con base en sus propias experiencias y no con otras concepciones más abstractas vistas en clase y que no han asimilado todavía. Por lo anterior, estas concepciones alternativas pueden representar un obstáculo para el aprendizaje puesto que muchas veces el aprendiz no ve el conflicto entre lo que explica el profesor y sus propios razonamientos.

e) Existe cierto paralelismo entre las concepciones alternativas de los alumnos y las mantenidas por científicos de otras épocas: lo anterior se reporta en varios trabajos. Ya se mencionaron algunos ejemplos en donde se observa este paralelismo: el uso de la física aristotélica en vez de la newtoniana para explicar el movimiento de los cuerpos, y el empleo de ideas que nos recuerdan la teoría del calórico para explicar los fenómenos relacionados con el calor.

⁴⁵ Ruggiero, S. et. al. (1985). "Weight, Gravity and Air Pressure: Mental Representations by Italian Middle School". *European Journal of Science Education*, 7, no. 2, 124-129.

f) Pueden coexistir un esquema de sentido común con uno académico: es frecuente observar que las personas presentan dos esquemas para explicar ciertos hechos del mundo que les rodea. Uno de estos es el resultado del sentido común y es el que rige todas sus actividades cotidianas. El otro esquema es el académico y lo utilizan en un ámbito escolar o cuando las preguntas que se les hacen para conocer el contenido de sus ideas están formuladas con un "lenguaje académico" (Reynoso, 1998).

2.4.3.3 Cómo explorar las ideas de las personas

Así como existe una gama amplia de enfoques diferentes para analizar e interpretar las ideas de las personas en relación con diversos temas que estudia la ciencia, también se pueden observar en la literatura varias estrategias para llevar a cabo esta tarea. A continuación se presentará una cierta metodología que se considera compatible con el marco teórico de los esquemas alternativos utilizado en este trabajo y que fue descrita por Ruggiero y sus colegas (1985).

1) *Un estudio a fondo de los conceptos y modelos contemporáneos del tema.* Es posible que el equipo de personas que realizarán el estudio tengan algunas dudas en relación al tema por lo cual tendrán dificultad para evaluar las ideas de los sujetos. A veces es necesario recurrir a la asesoría para aclarar dudas.

2) *Llevar a cabo un análisis del desarrollo histórico de la interpretación de la fenomenología que nos interesa.* Como se comentó en secciones anteriores de este capítulo, es común encontrar explicaciones de los sujetos que nos recuerdan modelos utilizados por las comunidades científicas de otras épocas. Se podrían sugerir diferentes explicaciones para estos paralelismos entre el conocimiento de sentido común y el científico de otras épocas. Una de estas podría ser que posiblemente las explicaciones científicas anteriores sean más "naturales", más acordes a la experiencia y las observaciones cotidianas. Ejemplos de esto ya fueron discutidos en secciones anteriores.

3) *La realización de un ejercicio de epistemología de sentido común.* Este paso es sumamente difícil porque implica el despojamiento de nuestro propio marco teórico académico-científico, con el fin de reflexionar sobre las experiencias cotidianas a la luz de un razonamiento de sentido común.

4) *Realizar pruebas que permitan explorar diferentes aspectos de los esquemas.* Se sugiere entrevistar a cada uno por separado utilizando diferentes preguntas sobre hechos que podrían ser explicados por el mismo esquema. Al analizar las respuestas se tiene que aplicar el ejercicio propuesto en el punto anterior, intentando encontrar la coherencia en el conjunto de todas las respuestas con base en el esquema del sujeto, procurando no "interpretar de más", es decir agregando o completando ideas que no fueron expuestas. El análisis del conjunto de respuestas como un todo, y no las respuestas aisladas, permite extraer los esquemas de los entrevistados. Viennot (1979) señala que la interpretación de estas ideas no es única y depende de la construcción del investigador, del marco teórico empleado, de las unidades de descripción, de las

características observadas y de las hipótesis en cuanto a cómo se deben relacionar los datos. Para disminuir estos problemas de interpretación, Serrano y Blanco (1988) sugieren que las respuestas sean analizadas por varias personas en forma independiente, por supuesto con base en el mismo marco teórico.

Los pasos sugeridos anteriormente corresponden a los que se seguirían para llevar a cabo una investigación formal en la cual el objetivo es contribuir al cúmulo de conocimientos en este campo.

Sin embargo, en muchas ocasiones se requiere conocer las ideas de las personas como punto de partida para el diseño curricular; la elaboración de libros y materiales didácticos; la preparación de una clase o la planeación de productos de divulgación como puede ser una exposición interactiva en el tema. Para estos propósitos no se requiere realizar un estudio exhaustivo, pero sí cuidadoso y representativo, por lo cual se sugiere seguir los siguientes pasos, propuestos por Serrano y Blanco (1988), para conocer las representaciones de los alumnos, lectores o visitantes (en el caso de un museo).

- a) Conocer los resultados de la investigación.
- b) Determinar la(s) estrategia(s) para el análisis de las ideas de los sujetos.
- c) Interpretar los datos.

a) *Conocer los resultados de la investigación.* El auge de las investigaciones sobre la forma en que las personas interpretan una gran cantidad de fenómenos que son objeto de estudio de la ciencia, ha dado lugar a un enorme cúmulo de resultados reportados en el campo de la investigación educativa. Una revisión de la literatura muestra que se siguen utilizando una gama de términos para referirse al conocimiento previo o no escolarizado de los sujetos. La mayoría de los estudios reportados fueron realizados en el ámbito formal, aunque también se publican los resultados obtenidos en ámbitos no formales como puede ser un museo de ciencias. Independientemente de cuál sea el marco teórico empleado en estos trabajos, conocer las investigaciones en relación al tema de su interés es un buen punto de partida para el profesor o el divulgador. Dado el carácter universal de estas ideas como se vio en la sección 2.4.3.2, salvo en algunos casos aislados, es válido aplicar los resultados obtenidos para otras poblaciones. Es recomendable hacer un pequeño muestreo, ya sea en la clase (ámbito formal) o con un grupo de receptores potenciales (ámbito no-formal) para verificar la existencia o ausencia de los esquemas alternativos reportados.

b) *Determinación de estrategias para el análisis de las ideas de los sujetos.* Las estrategias para verificar si los alumnos presentan o no los esquemas alternativos reportados en la literatura se divide en tres grandes grupos: conversacionales, escritas y observación directa en el aula durante la instrucción.

b₁) *Estrategias conversacionales:* la más utilizada para descubrir los esquemas es la entrevista individual con o sin apoyos de tipo gráfico o experimental. Sin embargo, es muy difícil entrevistar a cada uno de los alumnos

individualmente en el contexto del aula, por lo cual es necesario recurrir a otros métodos. Uno de estos son las discusiones grupales, ya sea con todos los alumnos o en grupos pequeños durante un trabajo de equipo. Lo más importante en las estrategias de tipo conversacional es crear las condiciones para que los alumnos expliciten sus ideas libremente. La mayor dificultad es evitar "dirigir" las respuestas. Por lo tanto, el entrevistador o profesor debe participar en la discusión pero sin emitir juicios verbales o gestuales en relación a ideas "correctas" o "incorrectas".

Con el fin de extraer verdaderamente lo que piensan los alumnos y no sus "conocimientos académicos" posiblemente poco entendidos, es necesario iniciar este tipo de diálogos a partir de hechos de su vida cotidiana que se relacionan con el tema de interés. También se les puede proporcionar material que claramente no es de laboratorio, para que experimenten y discutan sobre lo que observan. Es recomendable llevar un registro de las discusiones para volver más tarde sobre éstas, por lo cual es conveniente que esté presente más de un profesor para observar, o bien que se graben los comentarios de los alumnos.

b₂) Estrategias escritas: en este caso la más utilizada es algún tipo de prueba o cuestionario escrito. La gran ventaja de las pruebas escritas es que se puede conocer el pensamiento de muchos sujetos en poco tiempo, la desventaja principal es que a veces la información es incompleta o difícil de interpretar puesto que algunas personas no se expresan muy bien por escrito. Esto ocurre sobre todo en el caso de niños chicos. Uno tipo posible de cuestionario es el de opción múltiple. Nuevamente para no descubrir simplemente su "conocimiento académico", las preguntas deben ser redactadas empleando las expresiones utilizadas por los mismos alumnos (en el aula o receptores en la divulgación). Estas expresiones pueden ser obtenidas por el profesor o el entrevistador a través de discusiones, exámenes u otras investigaciones. Algunas recomendaciones para hacer más efectivo este instrumento son las siguientes:

- una vez redactadas las preguntas someterlas a otro grupo de alumnos para ver cómo entienden las preguntas y si sugieren otras;
- incluir, cuando sea posible, diagramas o dibujos que sirvan de apoyo a las preguntas;
- someter nuevamente el cuestionario modificado a otro grupo de alumnos, para seguir afinando el instrumento y elaborar el definitivo agregando o eliminando preguntas o dibujos;
- diseñar más de una pregunta para explorar la misma idea.

En el contexto no-formal se sugiere seguir un procedimiento similar con la diferencia de que los sujetos no son necesariamente alumnos sino receptores potenciales: lectores, televidentes, visitantes, etc

Mapas conceptuales:

Otro tipo de instrumento escrito es el de los mapas conceptuales. Los mapas conceptuales fueron propuestos por el grupo de la Universidad de Cornell

encabezado por J. Novak y B. Gowin. Se les han dado diferentes usos a estos mapas, aparte de la de conocer la estructura de los esquemas alternativos de los alumnos en determinado tema. Por ejemplo, se les ha utilizado como un recurso instruccional, análisis de contenido, diseño curricular o para evaluar el aprendizaje (Moreira, 1995 b)⁴⁶. En el caso de un museo se pueden utilizar para establecer una jerarquía conceptual como base de un guión museográfico.

Los mapas conceptuales representan relaciones entre conceptos expresados en forma proposicional. Representan la jerarquía conceptual, desde el punto de vista de quien hace el mapa, colocándose los conceptos más generales o inclusivos en la parte superior; abajo de éstos se encuentran los conceptos subordinados y en un nivel inferior los que son inferiores a los anteriores hasta llegar a los casos particulares y ejemplos.

Una de las desventajas de este instrumento es que su construcción requiere de un aprendizaje de parte del sujeto. En algunas ocasiones se le da a los alumnos una lista de conceptos que deben asociar para construir un mapa conceptual en determinado tema. En otras ocasiones simplemente se le da el tema a desarrollar y los sujetos deberán buscar los conceptos que consideren importantes y relacionarlos.

No existen un mapa conceptual único en ningún tema. Cada mapa representa la forma de pensar o de entender el tema de la persona que lo hizo en el momento en que lo hizo. Debido a que no existen mapas conceptuales únicos, no es recomendable utilizar este instrumento para dar una calificación al alumno. Sin embargo, si son una herramienta útil para evaluar la evolución del conocimiento de una persona, a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje. Como señala Moreira (1995 b), lo que se evalúa mediante los mapas conceptuales es lo que el alumno sabe en términos conceptuales, es decir, cómo estructura, jerarquiza, diferencia, relaciona e integra los conceptos de una determinada unidad de estudio. Por último, los mapas deben ser explicados por la persona que los elaboró, de lo contrario se estaría sobreponiendo nuestra propia interpretación a la interpretación del sujeto.

Debido a lo anterior, considero que un uso equivocado de los mapas conceptuales es emplearlos para el análisis de textos, porque el que elabora el mapa sobrepone su propia interpretación sobre cómo considera que el autor del texto estructuró y entiende el tema. Esto se aplica también a la información escrita en museos.

Hasta aquí se han presentado algunas de las estrategias que se pueden utilizar para extraer las representaciones mentales de las personas. Serrano y Blanco (1988) recomiendan emplear más de una simultáneamente. Por ejemplo, se pueden usar alguna de las estrategias conversacionales para detectar las ideas más comunes de los alumnos o visitantes y elaborar con éstas una prueba escrita; o bien se puede empezar pidiéndoles que construyan un mapa conceptual y después discutir con sus autores el significado o proporcionarles un cuestionario que nos dé información adicional. En el caso de los cuestionarios,

⁴⁶ Moreira, M. A. (1995b). "El cambio conceptual". La enseñanza del electromagnetismo basada en la teoría del aprendizaje significativo. Facultad de Ciencias. UNAM.

se puede comenzar con pasarlo a un grupo numeroso de personas y después entrevistar a un cierto número de ellas con base en sus respuestas, con el fin de ampliar la información en relación a lo que escribieron. Una vez recogidos los datos el siguiente paso es la interpretación de los mismos.

b) *Interpretación de los datos.* Este es un punto extremadamente delicado puesto que el profesor o el investigador tiene que encontrar la información que busca en las respuestas de los alumnos expresadas muchas veces con palabras, que aunque sean las mismas, a menudo tienen un significado distinto. Serrano y Blanco (1988) ofrecen las siguientes recomendaciones para interpretar los datos lo más fidedignamente posible. La primera precaución, señalan, es recoger datos con instrumentos diversos y en situaciones distintas. La segunda precaución es tener presente, en todo momento, el contexto en que fueron expresadas. Como ya se comentó, es necesario diferenciar entre lo que puede ser un "error de información" y lo que realmente representa un esquema alternativo del sujeto. En el primer caso, una respuesta "incorrecta" puede deberse simplemente a un desconocimiento de los términos correctos o a un mal uso de ellos. Por ejemplo, hablar del uso de tanques de oxígeno para fines médicos o de buceo, en vez de tanques de aire. En el segundo caso se trata verdaderamente de una manera alternativa de entender y relacionar un conjunto de hechos.

El siguiente paso en la interpretación es el establecimiento de categorías que sirvan para clasificar o agrupar las respuestas obtenidas. Por ejemplo los diferentes "esquemas" y "sub-esquemas" reportados en la sección 4.4.2 para explicar la caída de los cuerpos en la tierra y la luna.

Una vez elaboradas las categorías, conviene que los resultados sean analizados por varias personas (varios investigadores o profesores) para asegurar una clasificación correcta de las respuestas. Evidentemente, es indispensable explicitar, al interior del grupo de trabajo, el marco teórico que será empleado. Esto implica no sólo entender a fondo el contenido científico "correcto" sino también llegar a un acuerdo en cuanto a presupuestos de tipo filosófico-epistemológico (como los mencionados en la sección 4.4.2), así como al modelo de aprendizaje que será utilizado.

Los resultados obtenidos de este tipo de estudios deben ser considerados como nuestras condiciones iniciales para cualquier proceso de enseñanza aprendizaje, ya sea en el contexto formal o no-formal. Las ideas que tienen las personas y sus esquemas alternativos son su base para interpretar cualquier información o experiencia nueva. Por lo tanto, ya sea que se utilice esta información para preparar una clase, planear un curso, escribir un libro o diseñar una exposición interactiva, se debe tomar en cuenta todo este bagaje de conocimientos para ayudar a los alumnos, lectores o visitantes, a que vayan construyendo un esquema más acorde con el científico a partir de lo que ya saben del tema, aunque sus ideas previas sean completamente erróneas.

2.5 CAMBIO CONCEPTUAL

2.5.1 Hacia el cambio conceptual

A lo largo de este capítulo se ha seguido un desarrollo cronológico de las propuestas tanto a nivel teórico como práctico para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia dentro de un esquema constructivista. Según Pozo (Moreira, 1995 b) se pueden distinguir tres grandes etapas en cuanto a los problemas de interés en la evolución de este marco teórico. La primera etapa corresponde a la década de los setentas y es la que Pozo denomina la "edad de Piaget". El propósito fundamental durante este periodo fue comprender el desarrollo cognitivo de los sujetos. Los conceptos y principios desarrollados por Jean Piaget en su Teoría de la Epistemología Genética que explican este desarrollo intelectual fueron utilizados como base para el diseño curricular. Sin embargo, como se menciona en la sección 2.4.1 hacia finales de esta década se empezaron a reportar ciertos problemas para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia para el cual el paradigma piagetiano no tenía una solución satisfactoria. Se observó que los alumnos iniciaban sus cursos de ciencia con ciertas ideas previas que eran parcial o totalmente incompatibles con el conocimiento científico que se pretendía enseñar, las cuales estaban muy arraigadas y frecuentemente se conservaban casi intactas, aun después de la instrucción. Esta situación representó un gran obstáculo y un reto educativo. Muchos de los esfuerzos de esa época se concentraron en describir el contenido de estas ideas previas a la instrucción de los alumnos, en relación a diversos temas de la ciencia. En la sección 2.4 de este trabajo se hace referencia a la diversidad de términos utilizados para referirse a este conocimiento previo, y aunque cada uno representa diferentes posturas epistemológicas, todos quedan enmarcados dentro de un marco teórico común, el del constructivismo (Pozo, 1994)⁴⁷.

Como consecuencia de este tipo de estudios se ha manifestado la importancia de conocer este conocimiento previo de los alumnos, en el ámbito escolar o de los receptores potenciales en el contexto de la divulgación, con el fin de saber cuáles son las condiciones iniciales de los sujetos en cualquier proceso de comunicación de nuevos contenidos, puesto que estas ideas serán la base para inte interpretar la nueva información. Sin embargo, como se muestra en la literatura, descubrir el contenido de estas ideas previas no es suficiente, se requiere entender cómo se relacionan con el resto de la estructura cognitiva de los individuos. También es preciso comprender los mecanismos mediante los cuales los sujetos van modificando su conocimiento para que éste sea cada vez más compatible con el aceptado por la comunidad científica contemporánea, con el fin de proponer estrategias didácticas que apoyen este proceso. En los últimos años, esta ha sido una de las preocupaciones esenciales de los investigadores en enseñanza de la ciencia, por lo cual Pozo bautizó a los años noventa como la década del cambio conceptual.

⁴⁷ Pozo, Juan Ignacio (1994). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. 3a ed. Ediciones Morata, Madrid, España.

2.5.2 Diferencias entre las concepciones alternativas y el conocimiento científico

Como señala Nussbaum (1989)⁴⁸, el aprendizaje de conceptos y el cambio conceptual representan el corazón del aprendizaje de la ciencia, puesto que los conceptos son las piedras angulares y los principios directrices en que se basa el conocimiento y la enseñanza de ésta. A este proceso contribuye también el trabajo de laboratorio, el de campo, así como experiencias adicionales vividas fuera del contexto escolar.

Sin embargo, como se ha mencionado en repetidas ocasiones, la enseñanza de estos conceptos no es una tarea fácil cuando el alumno llega al aula con concepciones alternativas muy arraigadas, las cuales muchas veces permanecen aun después de la instrucción. Por lo tanto, es indispensable entender la dinámica del cambio conceptual para poder diseñar estrategias que promuevan este proceso.

Una manera de abordar este problema es analizar la diferencia entre el conocimiento alternativo y el conocimiento científico bajo la suposición de que uno y otro se encuentran en los extremos opuestos del espectro conceptual. El primero como el punto de partida, las ideas primitivas de los sujetos, y el segundo como la meta a alcanzar. Es evidente que la inmensa mayoría de los individuos no pueden, ni deben alcanzar el estado final que está reservado sólo para los expertos en cada campo. Sin embargo, este conocimiento de expertos nos está indicando la dirección hacia la cual se pretende que evolucione el conocimiento de los educandos.

Las concepciones alternativas de las personas evolucionan con la edad, pero no se debe atribuir este hecho al desarrollo cognitivo únicamente, sino a un incremento en el conocimiento en cada área como resultado de la instrucción (Benlloch y Pozo, 1996)⁴⁹. Este incremento en el conocimiento no se refiere a la simple adición de información nueva y mucho menos a la sustitución de información "errónea" por información "correcta". El incremento de conocimiento implica una reestructuración de la red cognitiva del sujeto, para incorporar la nueva información, cuando esto ocurre se dice que el aprendizaje es significativo (Moreira, 1995 a). En este proceso de aprendizaje significativo, no sólo se modifica la red cognitiva del sujeto, sino también la información misma que será asimilada. Por consiguiente, la diferencia entre las concepciones alternativas y el conocimiento científico, no está sólo en el contenido de las ideas o las teorías, sino en la forma en que se estructuran unas y otras. Benlloch y Pozo consideran que además el proceso mismo de estructuración en uno otro caso es distinto. Esta afirmación nos hace ver la conveniencia de comparar las concepciones de

⁴⁸ Nussbaum, J. (1989). "Classroom Conceptual Change: Philosophical Perspectives". *International Journal of Science Education*. 11, 530- 540.

⁴⁹ Benlloch, M. y J. I. Pozo (1996). "What changes in Conceptual Change? "From ideas to Theories: Science Research Education in Europe. Welford and Goff, et al. editors. Falmer, London, 200-211.

los novatos y los expertos, así como la forma en que es construido el conocimiento para unos y otros.

Benlloch y Pozo señalan que las concepciones alternativas nacen como resultado de la vida cotidiana, como consecuencia de la interacción con el entorno y por lo general cumplen con la función de entender cómo se comportará ésta. Estas concepciones se basan en ciertos supuestos epistemológicos que se desarrollan por procesos cognitivos. Para construir las se toman en cuenta las regularidades del medio ambiente y reglas empíricas simples. Por lo general no existe, por parte del sujeto, una gran preocupación por la coherencia interna de estas teorías implícitas, las cuales se caracterizan por su inestabilidad y porque dependen del contexto. Este proceso de construcción de teorías implícitas o alternativas comienza en la infancia. Desde la niñez se observa la existencia de teorías alternativas, con cierto nivel de organización, las cuales van cambiando con la edad. Estas ideas se relacionan con campos determinados y no son sólo ideas sueltas. Los campos en que se forman estas teorías alternativas son diversos y no sólo corresponden a las ciencias naturales y exactas, se constituyen como estructuras jerárquicas de ideas y conceptos que tienen una función explicativa. Debido a que muestran rasgos comunes en todas las personas en cuanto a su origen, su naturaleza, su organización y la forma en que se modifican, también se caracterizan por ser universales.

En el otro extremo del espectro conceptual, las teorías científicas son el producto de la reflexión teórica, de la investigación y de la relación que se establece entre la teoría y los datos, relaciones que obedecen a ciertas reglas y a la permanente búsqueda de explicaciones coherentes (Benlloch & Pozo, 1996). Al igual que las teorías alternativas, las teorías científicas también son universales porque se parte de ciertas teorías avaladas por una comunidad científica que además establece las reglas para la evolución de las mismas.

Como se mencionó anteriormente, las diferencias que se observan entre las concepciones alternativas y las teorías científicas, no sólo se limitan al contenido y a la forma en que están estructuradas, sino también al poseedor de unas y otras. En un extremo del espectro se puede ubicar al novato con sus concepciones alternativas y en el otro extremo se encuentra el experto con sus teorías científicas, en el caso de la ciencia. Las ideas y los conceptos, en relación a un cierto conjunto de hechos, están estructurados de manera distinta en el caso de los novatos y de los expertos, porque los individuos como agentes activos de la construcción de su conocimiento así lo han hecho. Por lo tanto, en el proceso de búsqueda para entender el mecanismo mediante el cual se da el cambio conceptual, es conveniente también analizar las diferencias entre novatos y expertos.

Pozo (1994) afirma que los resultados de numerosos estudios comparativos entre expertos y novatos muestran que su forma de resolver problemas y de ejecutar tareas específicas es distinta. Sin embargo, existen ciertos presupuestos comunes en todos estos estudios, que son útiles para los fines pretendidos y son los que se señalan a continuación:

a) La diferencia experto/novato es básicamente una diferencia de conocimientos y no de procesos cognitivos básicos o capacidades generales de procesamiento.

b) Esa diferencia de conocimientos es tanto cuantitativa como cualitativa; esto es, los expertos no sólo saben más que los novatos, sino que también tienen organizados sus conocimientos de una forma distinta.

c) La pericia es un efecto de la práctica acumulada, esto es, un efecto del aprendizaje, desdénándose, por tanto, los factores innatos y las posibles diferencias individuales.

d) La pericia está circunscrita a áreas específicas de conocimiento, de forma que se es experto o no con respecto a algo. Un mismo sujeto puede tener grados diversos de pericia para problemas conexos de una misma área.

En la sociedad actual estamos siempre en manos de expertos, personas que son peritos en un área específica del conocimiento y que han sido preparados o tienen experiencia para efectuar tareas especializadas (Pozo, 1994). Desde mi punto de vista, uno de los propósitos del sistema educativo debe ser proporcionar a las personas los conocimientos básicos y habilidades requeridos para que puedan continuar su formación y convertirse en expertos en un campo determinado. Los interesados por la educación en ciertas disciplinas, por ejemplo la física, han sostenido grandes debates en cuanto a cuáles deberían ser los contenidos y herramientas intelectuales mínimos requeridos para tener una cultura científica básica necesaria en el mundo actual, que les permita optar por continuar con una especialidad en cualquier área de actividad. Un proyecto de esta naturaleza es el *Proyecto 2061* desarrollado por el American Association for the Advancement of Science (Asociación Americana para el Avance de la Ciencia) de Estados Unidos. En este documento se proponen los contenidos de ciencia y las habilidades que consideran que debe tener el egresado del nivel medio superior para el año 2061 (año en que hará su reaparición el cometa Halley). En este proyecto se plantea que un ciudadano debe tener una formación científica básica que le permita tener los elementos necesarios para analizar opciones y tomar decisiones tanto personales como sociales. Para lograr esto consideran que debe "entender los fenómenos naturales de su entorno, los principios elementales de los mecanismos de los aparatos e instrumentos comunes en una sociedad cada vez más tecnificada; el funcionamiento y forma de cuidar el cuerpo humano y el ambiente y la naturaleza del pensamiento matemático"⁵⁰.

Cualquiera que sea el tema, así como el objetivo educativo propuesto al comunicar la ciencia, ya sea en un contexto escolar o no y para cualquier nivel, es recomendable que los educandos recorran un camino de conocimiento que vaya en la dirección del aceptado por la comunidad científica y no uno que los aleje del mismo. Por lo tanto, el estado de conocimiento de los expertos es un buen parámetro para medir la evolución de las concepciones de los novatos. Los puntos anteriores en relación a la características generales de los expertos, nos

⁵⁰ Ciencia: conocimiento para todos. Proyecto 2061. American Association for the Advancement of Science. Biblioteca para la actualización del maestro. SEP, 1997.

indican que el camino deseable es factible de ser recorrido como resultado de la instrucción.

Por lo tanto, mediante el análisis de factores que intervienen en el cambio conceptual, como lo que se presentaron en esta sección, es posible diseñar estrategias didácticas que apoyen este proceso. El gran reto es cómo fomentar la construcción paulatina, a lo largo del proceso educativo, de explicaciones y modelos, que tiendan hacia las explicaciones y modelos de los científicos. Evidentemente, muy pocos educandos necesitarán llegar al estado final del conocimiento en un tema específico, es decir el de los expertos en la materia, y será suficiente que dominen modelos y explicaciones intermedios, entre su estado inicial de conocimiento y el de los científicos. Estos modelos "intermedios" deben caracterizarse por ser veraces, es decir no deben presentar contradicciones con respecto al modelo científico aceptado y al mismo tiempo suficientemente simples y claros como para que el educando los asimile y pueda seguir el proceso de construcción en la dirección deseada.

Algunos autores (Villani, 1992)⁵¹ distinguen dos fases en el cambio conceptual: la primera denominada el cambio conceptual en el sentido latente (c.c.s.l.) y la segunda, el cambio conceptual en el sentido estricto (c.c.s.s.). En la primera fase, c.c.s.l., el sujeto está en la persecución del conocimiento académico, pero no ha abandonado del todo sus ideas anteriores. Por lo tanto durante esta fase coexiste el conocimiento viejo con el nuevo. El progreso en la dirección del conocimiento académico se manifiesta en éxitos locales, por lo general en situaciones ideales (Villani, 1992). La segunda fase se presenta cuando el sujeto puede utilizar los principios científicos como instrumentos para hacer deducciones, para relacionar conceptos, lenguajes y observaciones fenomenológicas y resultados experimentales. El c.c.s.s. se caracteriza porque el nuevo conocimiento académico, incluyendo la manera de razonar y sus valores intelectuales implícitos en su uso científico, son aceptados por el aprendiz, quien los integra a su sistema conceptual de una manera coherente (Villani, 1992). Este proceso, cuya meta es este estado final estable, es un proceso a largo plazo, alcanzable únicamente a nivel universitario cuando se dan ciertas modificaciones curriculares que se discutirán en las próximas secciones.

Existen diferentes enfoques para explicar el cambio o la evolución conceptual, así como diferentes propuestas de estrategias que apoyan este proceso, de las cuales se expondrán brevemente algunas en la siguiente sección.

2.5.3 El cambio conceptual desde diferentes perspectivas filosóficas

2.5.3.1 Las diferentes perspectivas filosóficas

Nussbaum (1989) señala que la imagen que se tiene de la ciencia, es decir, la idea que se tiene sobre cómo se construye el conocimiento científico, permea toda nuestra visión de la enseñanza de la misma. Esta imagen de la

⁵¹ Villani, A. (1992). "Conceptual Change in Science and Science Education". *Science Education*, 76, no. 2, 223-227.

ciencia está siempre presente, en cualquier actividad, ya sea de manera explícita o implícita, consciente ó inconsciente. Esta visión filosófica se transmite en el aula, en los libros de texto y en toda tarea relacionada con la comunicación de la ciencia. También influye en la manera en que se entiende e interpretan las ideas y los "errores" de los alumnos, así como el proceso de cambio conceptual (Nussbaum, 1989). Por lo anterior, la postura epistemológica, tanto del que diseña el currículum como del maestro, es un factor determinante en la práctica pedagógica.

La imagen del quehacer científico ha evolucionado a lo largo de la historia de la ciencia. Nussbaum (1989) distingue tres escuelas de pensamiento en relación a la imagen de la ciencia: la empirista-positivista, la racionalista y la constructivista. La corriente empirista-positivista dominó la visión que se tenía sobre cómo se hace la ciencia entre los siglos XVII y el XIX. Esta visión fue sustituida, en buena medida, por la racionalista que prevaleció hasta el siglo XX. Estas dos corrientes difieren entre sí en cuanto a los métodos utilizados para validar el conocimiento, pero coinciden en que una vez adquirido y confirmado el conocimiento, éste es considerado como correcto y verdadero (Nussbaum, 1989). En el caso de los empirista-positivistas, las respuestas se obtienen directamente de la naturaleza a través de los sentidos. Para los racionalistas, es el poder del intelecto el que define este conocimiento, el cual se obtiene mediante observaciones cuidadosas y deducciones lógicas (Nussbaum, 1989) utilizando el supuesto "método científico". Puesto que el conocimiento adquiere la característica de "absoluto", cualquier idea que no coincida con las "concepciones científicas es calificada de errónea.

La crítica fundamental a este tipo de visiones es la supuesta objetividad del método utilizado, con el cual se convierten conjeturas en datos que hablan por sí solos. Se supone que la naturaleza se comporta de acuerdo a ciertas leyes que sólo requieren ser descubiertas (Yerrick, 1998⁵²).

A principios del siglo XX la física moderna con teorías como la de la relatividad y la mecánica cuántica, provocó un cuestionamiento de estas visiones de la ciencia (Nussbaum, 1989). Las teorías como las que se mencionan, se basan en supuestos teóricos y modelos de la realidad, que son interpretaciones de ésta, con elementos que no son evidentes, por lo cual no es posible confirmar el conocimiento y por lo tanto, ya no se puede hablar de verdades absolutas. La ciencia se ve como una actividad humana en la cual se construyen significados utilizando una manera particular para indagar, conceptualizar, evaluar y representar al mundo (Rosebery, 1998)⁵³, no como el descubrimiento de lo que ya está en la naturaleza. Bajo esta perspectiva se puede decir que lo que se tiene es una interpretación de lo que está en la naturaleza, la cual se conoce por aproximaciones sucesivas, nunca por completo. Estas construcciones, debido a que son humanas, se caracterizan por su subjetividad.

⁵² Yerrick, R. et. al. (1998). "We're just Spectators": A Case Study of Science Teaching, Epistemology and Classroom Management. *Science Education* 82, no. 6. 619-648.

⁵³ Rosebery, A. S. y G. M. Puttick (1998). "Teacher professional development as situated sense-making: a case study in science education". *Science Education* 82, no. 6. 649-677.

Dentro de la corriente constructivista existen también una gama de visiones diferentes. Todos los constructivistas (Nussbaum, 1989) coinciden en que las teorías son especulaciones propuestas por mentes creativas, pero difieren en la manera en que una teoría supuestamente mejor es seleccionada. En un extremo están los que consideran que esta selección se basa en criterios disciplinarios obedeciendo a una coherencia interna. En este caso la decisión sobre la teoría más adecuada la toma el científico mismo con base en reglas universales y lógicas.

En el otro extremo están los que consideran que existen factores internos, pero también algunos externos, como pueden ser la fama del científico, factores psico-sociales de la comunidad científica, presiones externas a la misma comunidad y ciertas concepciones dominantes. La decisión de la "mejor teoría" en este caso es comunitaria, en la cual intervienen tanto factores internos de la ciencia y de la comunidad científica, como externos a la misma.

2.5.3.2 La postura epistemológica y su relación con la práctica docente

La postura epistemológica tanto de los responsables del currículum como del docente influyen en el contenido y en la manera en que se enseña la ciencia. El hecho de que esta visión no sea única se refleja también en el salón de clases en donde interactúan las distintas imágenes de la ciencia de los maestros y de los alumnos.

El enfoque positivista de la ciencia, que predominó hasta principios de este siglo, dio lugar a una enseñanza tradicional (Yerrick, 1998). En este tipo de enseñanza los alumnos frecuentemente están obligados a memorizar reglas, fórmulas y conceptos. Rara vez se les da la oportunidad de intercambiar sus ideas con su maestro y compañeros. La práctica pedagógica consiste en clases expositivas, lecturas del libro de texto, tareas y la resolución de problemas. Todas estas actividades refuerzan la visión positivista y privilegian la descripción matemática de los hechos con poca reflexión sobre los conceptos que los explican (Yerrick, 1998). Debido a que se considera que la ciencia es objetiva y que existe una sola manera "correcta" de comprender la naturaleza, se suprimen todas las maneras alternativas de explicación (Yerrick, 1998).

En la década de los setentas estas posturas fueron rebasadas y los investigadores comenzaron a ver a los estudiantes como pensadores activos que construyen sus propios significados y que forman sus estructuras conceptuales. Este es un enfoque constructivista en el cual la meta educativa es que el estudiante aprenda de una manera significativa, para lo cual se requiere que tanto el maestro como todas las actividades curriculares ayuden al alumno a ir construyendo su propio significado (Nussbaum, 1989). Este enfoque constructivista de la educación ayuda al alumno a adoptar una visión constructivista de la ciencia.

Sin embargo, a pesar de que esta manera de ver la ciencia y la enseñanza de la misma está muy extendida, en la práctica sigue imperando una visión positivista. El conocimiento se presenta de manera fragmentada y objetiva; las

ideas son transmitidas de manera intacta y se estimula poco la discusión sobre la validez de las mismas (Yerrick, 1998). La dinámica suele ser la de "IRE", en la cual el maestro inicia las preguntas, el alumno responde y el maestro evalúa, privilegiando la autoridad del maestro y el conocimiento académico. El tipo de evaluación también puede promover un enfoque positivista cuando lo que se le pide al alumno son respuestas únicas con frases cortas y que desarrolle la habilidad de resolver problemas que generalmente son casos ideales. Dentro de este esquema el alumno negocia su calificación y se da cuenta de que la estrategia más apropiada es la memorización, la aplicación mecánica de fórmulas y el cálculo matemático. Esta práctica lleva a ver el conocimiento como algo objetivo, y la meta es clara para todos: llegar a las respuestas aceptadas, favoreciéndose así el enfoque positivista (Yerrick, 1998).

Este tipo de prácticas hace la tarea del docente más fácil, puesto que el maestro llega al salón con un discurso previamente estructurado y limita las intervenciones de los alumnos. Esto le evita al docente el tener que enfrentar situaciones difíciles y permite una mayor control del grupo y menos posibilidades de problemas de conducta (Yerrick, 1998). Otra ventaja de un enfoque positivista es que permite cubrir grandes cantidades de contenido con un mínimo de conflictos puesto que hay pocas oportunidades para desviarse del tema (Yerrick, 1998).

De acuerdo a Rosebery (1998), un enfoque constructivista del aprendizaje de la ciencia implica la adquisición de un cierto dominio sobre un cuerpo de conocimientos constituidos social e históricamente con sus prácticas dentro de una disciplina científica particular: esto es teorías aceptadas, explicaciones, hechos y métodos para argumentar las teorías, para construir los hechos y las explicaciones, para interpretar observaciones contradictorias y para defender o rechazar las interpretaciones. Para lograr lo anterior es necesario que el maestro haga una reflexión sobre su propia práctica docente y la forma en que sus alumnos entienden los contenidos. Se debe estimular la discusión dándole menos importancia a verdades y más a la viabilidad de las ideas: los significados no son individuales, sino colectivos y negociables (Yerrick, 1998). El gran reto en esta situación es que los alumnos al cuestionar la interpretación del maestro o su visión de la ciencia, también están cuestionando su autoridad, no sólo en la materia que imparte, sino también como maestro (Yerrick, 1998). Es menos factible que esto ocurra en un ámbito de memorización y aplicación de fórmulas, en donde ésta es la forma dominante de conocimiento y en el cual el maestro es la máxima autoridad no sólo dentro del salón de clases, sino también como poseedor del conocimiento (Yerrick, 1998). En cuanto al contenido, Nussbaum (1989) señala que el riesgo principal de este enfoque es que los alumnos pueden llegar a construir algo diferente a lo intencionado, por lo cual el problema a resolver es cómo producir el cambio deseado. Sin embargo, el enfoque positivista es enemigo del aprendizaje significativo y de una visión constructivista en relación a la naturaleza de la ciencia y el conocimiento (Yerrick, 1998).

Una visión constructivista de la educación implica un cambio radical en la dinámica al interior del aula para lo cual se requiere una capacitación distinta de

los profesores. También es necesario replantear los objetivos educativos generales del programa de estudio y particulares del maestro y los alumnos. Villani (pag. 224) señala que se podría considerar que las actividades académicas de los alumnos son vividas como una empresa racional. Esto es, que los alumnos al igual que los científicos también buscan las explicaciones más adecuadas para entender un problema. Sin embargo, los objetivos de los alumnos son muy diferentes a los del científico. Los alumnos tienen como objetivo principal mostrar su competencia académica para obtener una certificación. Su interés básico suele ser adaptar su conducta a lo que solicita el maestro con un mínimo de esfuerzo. Estas reglas dependen del contexto escolar (Villani, 1992).

También existe una incompatibilidad entre los objetivos educativos del maestro y los de los alumnos. El desarrollo "institucional" de los alumnos impone ciertas restricciones sobre cómo aprenden los alumnos. Difícilmente puede un maestro planear su clase y sus actividades con el objetivo principal de que los estudiantes se comporten como científicos resolviendo problemas intelectuales (Villani, 1992). Sin embargo, el aprendizaje por parte de los alumnos no puede ocurrir si no se involucran y realizan un esfuerzo para la resolución de problemas intelectuales. Debido a que sus objetivos de aprendizaje son distintos, el primer problema a resolver para apoyar el cambio conceptual es establecer cierta compatibilidad y resonancia entre los objetivos de los maestros y los alumnos. Por consiguiente, de la forma de evaluar dependerá la forma en que los alumnos aprenderán. Si no se parte de que existe cierta compatibilidad entre los objetivos para aprender entre los maestros y los alumnos no se puede aplicar la analogía con las actividades realizadas por los científicos (Villani, 1992).

Por lo tanto, si lo que se busca es apoyar el aprendizaje significativo de los alumnos para que éstos vayan progresando en la dirección deseada, se requiere entender la dinámica del cambio conceptual para poder diseñar las estrategias que apoyarán este proceso y llevar a cabo las reestructuraciones curriculares que lo permitan.

2.5.3.3. La interpretación del cambio conceptual

Como se mencionó en la sección 4.5.3.1, la interpretación del cambio conceptual así como las estrategias didácticas utilizadas para apoyar este proceso, dependen de la postura epistemológica que se adopte. Con base en éstas diferentes visiones se han desarrollado distintos modelos para entender cómo se da el cambio conceptual.

Nussbaum (1989) afirma: "Por mucho tiempo se ha aceptado que la acomodación cognitiva requiere alguna experiencia que provoque un estado de desequilibrio, disonancia o conflicto cognitivo en el alumno. Implícitamente se supone que tal conflicto conduce a una acomodación cognitiva que lleva a un cambio conceptual inmediato". Moreira (1995 b) comenta que la estrategia de conflicto nos hace recordar la visión de Karl Popper que sostiene que las teorías son falseadas y entonces rechazadas con base en un experimento crucial. Otros filósofos de la ciencia argumentan que hay otros mecanismos para rechazar

teorías y la contraevidencia de un experimento crucial no es suficiente para derrocar una teoría vigente. Generalmente cuando aparece un resultado experimental que contradice las predicciones teóricas, los científicos proponen hipótesis auxiliares para salvar la teoría o califican este resultado como erróneo o como anómalo. Utilizando un paralelismo entre la forma en que se construye el conocimiento en la ciencia y el sentido común, los alumnos tendrían la misma actitud ante contraejemplos, buscarían explicaciones que fueran compatibles con sus creencias o los calificarían de anomalías.

Posner y sus colegas (1982)⁵⁴ propusieron un modelo para el cambio conceptual que está más cerca de visiones como la de Thomas Kuhn e Imre Lakatos. Consideran que existen varias condiciones para el cambio conceptual pero que hay cuatro condiciones que son comunes en la mayoría de los casos (Moreira, 1995 b, pág. 3):

a) *Debe existir una insatisfacción con las concepciones existentes.* Es poco probable que tanto los científicos como los alumnos efectúen cambios radicales a sus conceptos a menos de que perciban que modificaciones pequeñas no funcionan.

b) *La nueva concepción debe ser inteligible.* El individuo debe ser capaz de entender el nuevo concepto lo suficiente como para explorar sus posibilidades.

c) *Una nueva concepción debe parecer inicialmente plausible.* Cualquier nuevo concepto que se haya adoptado debe servir para resolver los problemas generados por sus predecesores.

d) *Una nueva concepción debe sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero.* El nuevo concepto debe tener el potencial de ser extendido a otras áreas.

Como señala Moreira (1995 b), los dos modelos anteriores sugieren que la nueva concepción reemplaza a la anterior en la estructura cognitiva del estudiante. Esto es poco probable cuando se trata de concepciones alternativas que son resistentes al cambio como resultado de un aprendizaje significativo, aunque éstas sean incompatibles con las concepciones académicas. Cuando las estrategias de cambio conceptual están bien estructuradas, en términos de aprendizaje significativo, los nuevos significados son agregados a las concepciones ya existentes, sin borrar o reemplazar los significados que ya se tenían (Moreira, 1995 b). En resumen, se construye sobre lo que ya se tiene, no se sustituye.

Un modelo más reciente para entender el cambio conceptual es el que propone Pozo (1994). Éste se basa en la visión de Lakatos en relación a cómo se dan los cambios en un programa de investigación científica y parte de los siguientes supuestos:

a) El aprendizaje no sólo consiste en reemplazar las ideas de los alumnos por otras aceptadas por la ciencia, puesto que como resultado de este proceso, el alumno establece una conexión entre las ideas previas que ya posee y las nuevas que se le transmiten. Por lo tanto, al enseñar ciencia no es suficiente proporcionar

⁵⁴ Posner, G. et. al. (1982). "Accommodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science*. 66, no. 2, 211-227.

los conceptos a los alumnos, se necesita cambiar los que ya posee. Esto sólo ocurrirá cuando el aprendiz encuentre que los conceptos que se le presentan funcionan mejor que los suyos y que explican nuevos fenómenos hasta ahora incomprensibles, además de los que ya explicaban sus ideas espontáneas.

b) Para que el alumno comprenda la superioridad de la nueva teoría es preciso enfrentarlo a situaciones conflictivas para que vea las contradicciones en su teoría y el poder predictivo de la nueva.

c) La toma de conciencia por parte del alumno es un paso indispensable para el cambio conceptual. Como los conceptos espontáneos suelen ser implícitos, es decir inconscientes, el primer paso es hacerlos explícitos mediante la aplicación a problemas concretos. Lo anterior se hace con el fin de que vea las deficiencias en sus concepciones espontáneas.

En estas tres condiciones propuestas por Pozo se observa que el aprendizaje se ve más bien como un proceso de reestructuración del conocimiento y no como un proceso mediante el cual pedazos de la estructura cognitiva del sujeto son reemplazados por conceptos nuevos.

Villani (1992) utiliza las consideraciones de Laudan acerca de la producción del conocimiento científico para explicar el cambio conceptual. Para Laudan el trabajo científico es una empresa racional y esta racionalidad consiste en realizar elecciones teóricas de manera progresiva. El objetivo principal de la ciencia es producir teorías que sean muy eficientes en la resolución de problemas intelectuales, para lo cual se recurre a reglas para valorar, aceptar, continuar y modificar las teorías o las suposiciones. Intervienen también otros factores, como el desarrollo tecnológico o criterios de evaluación del trabajo de los científicos en este proceso. Como ya se mencionó, debido a que existe una diferencia esencial en cuanto a los objetivos que persiguen los científicos y los alumnos en su trabajo, se debe aplicar esta similitud entre unos y otros con ciertas reservas. En el caso de los alumnos su meta principal, al menos al comenzar sus estudios, no es la resolución de problemas intelectuales sino obtener una determinada calificación. Por lo tanto, el maestro en su labor por promover el cambio conceptual en sus alumnos, debe encontrar una forma de establecer cierta concordancia entre los objetivos de aprendizaje de los alumnos y los suyos. Para lograr lo anterior, el alumno debe ver que las actividades académicas a realizar son necesarias para obtener el éxito institucional que busca y que la evaluación que se haga para este fin sirva para apoyar el proceso de aprendizaje.

Para Villani (1992), un aprendizaje efectivo de la ciencia implica no sólo una modificación en las ideas que posee el estudiante y la aceptación de las nuevas concepciones para explicar los fenómenos, sino también un cambio en la naturaleza de las preguntas, en los principios básicos, en los métodos y en las metas que se persiguen con este tipo de aprendizaje.

En el sentido común, se utilizan conceptos primitivos para entender la realidad, como acción, movimiento, causa, espacio y tiempo. Las explicaciones se basan en cualidades intrínsecas asociadas a los objetos y la metodología implica buscar razones a partir de estos conceptos primitivos. Un ejemplo de lo anterior sería la caída libre de los cuerpos, visto desde la óptica del sentido

común y de la mecánica newtoniana. En el primer caso, se considera que los cuerpos caen debido a una propiedad intrínseca que poseen, esto es su peso. En la mecánica newtoniana se ve la caída libre de un cuerpo como una interacción entre el cuerpo y la tierra y que la intensidad de la interacción depende de las masas de los dos cuerpos y la distancia entre sus respectivos centros. Por lo tanto, el cambio hacia una nueva perspectiva científica es un proceso no-lineal que requiere además de la acumulación de nueva información y su sistematización inductiva, la incorporación de nuevas "maneras de aprender", esto es de inventar y explorar hipótesis, hacer preguntas relevantes, usar principios abstractos y deducir consecuencias.

Para Linder (1993)⁵⁵ no tiene sentido tratar de ver si se dio o no el cambio conceptual, si no se explora el contexto de las ideas de los sujetos. Este autor considera que el problema no es tanto que los estudiantes poseen concepciones alternativas muy arraigadas, sino que no logran establecer relaciones significativas con los nuevos contextos que se les presentan en la escuela. Comenta que dentro de la ciencia misma existe mucha dispersión conceptual y el significado de un mismo concepto puede variar según el contexto. Un ejemplo sería el concepto del tiempo dentro del esquema de la física clásica y de la relatividad o términos como masa y trabajo que también cambian según el contexto. El contexto determina las condiciones a la frontera, los límites de validez y la aplicabilidad de una teoría (Linder, 1993). Si no se toma en cuenta el contexto no se puede calificar la concepción del alumno como correcta o errónea. Esta situación se torna más compleja si tomamos en cuenta el contexto cotidiano de muchos de los términos que utiliza la ciencia, como ya se ha mencionado con anterioridad.

Moreira (1995 b) comenta que alrededor de cada concepción existe una nube de significados construidos significativamente, es decir que son producto de un aprendizaje significativo, por lo cual cada uno de estos se conserva en la estructura cognitiva del individuo, aunque sea de manera residual. Estos significados "aceptados" y "no aceptados" desde el punto de vista de la ciencia, son conscientemente discriminados por las personas, según el nivel de conocimiento y el contexto en el cual serán utilizados. Una persona que sabe física, puede conocer algunas concepciones del sentido común e incluso haberlas tenido como únicas en algún momento de su vida, como la teoría del calórico (ya desechada), la idea de que la fuerza es proporcional a la velocidad o de que las estaciones del año dependen de la distancia entre la tierra y el sol. Sin embargo, también tiene las nociones científicas de calor; de que la fuerza es proporcional a la aceleración de los cuerpos y de que las estaciones del año se deben a la inclinación del eje terrestre. Puede distinguir entre el uso cotidiano de palabras como fruto, animal, fuerza, trabajo, foco, etc. y los significados que tienen estas palabras en la ciencia, las cuales a su vez cambian según el contexto en diferentes campos de la ciencia.

Por lo tanto, una meta importante de la enseñanza de la ciencia es que los estudiantes puedan entender las conceptualizaciones alternativas y su relación

⁵⁵ Linder, C. (1993). "A Challenge to Conceptual Change". *Science Education*. 77, no. 3, 101-104.

con los distintos contextos, para lo cual es necesario enseñarlos explícitamente y no suponer que el estudiante los va a descubrir por sí mismo.

Moreira también insiste en la necesidad de tomar un espectro más amplio de factores en el proceso de cambio conceptual, como son: los personales (como la motivación), sociales e institucionales.

Un aprendizaje significativo y un verdadero cambio conceptual se dan cuando el alumno asimila los conceptos y sus relaciones con otros en un campo determinado y los puede aplicar (Villani, 1992). Para lograrlo se requiere que el estudiante adquiera: a) nuevas formas de razonar utilizando los principios directrices de manera rigurosa, b) nuevas necesidades epistemológicas, como la generalización y la coherencia y c) nuevos valores cognitivos como el uso de nociones abstractas y de formalizaciones matemáticas en el análisis de los fenómenos naturales.

Utilizando nuevamente el paralelismo con la forma en que evoluciona la ciencia, Villani (1992) comenta que también se dan fases de transición cuando se va de una teoría aceptada a una nueva. No se abandona de inmediato la teoría vieja porque todavía es útil para resolver muchos problemas y al mismo tiempo se empieza a explorar la nueva para entender problemas no resueltos. En la enseñanza de la ciencia ocurre algo similar: los estudiantes comienzan a elaborar nuevos modelos pero no abandonan sus modelos espontáneos. Entran en un proceso de reestructuración de sus conocimientos al irse familiarizando con los nuevos conceptos a través de la discusión con sus maestros y compañeros. Al principio, los alcances son muy limitados, porque sólo aplican sus nuevos conocimientos en situaciones específicas y simplificadas (casos particulares), generalmente en un contexto escolar. Al ir ampliando su campo de acción para resolver problemas más complejos, tal vez algunos elaborados por ellos mismos, el cambio será más sólido.

Por lo anterior, Villani (1992) distingue dos niveles de cambio conceptual: el cambio conceptual en el sentido latente (c.c.s.l.) y el cambio conceptual en el sentido estricto (c.c.s.s.). En el primer nivel coexisten ambos esquemas, y el alumno sólo ve la necesidad de usar su nuevo conocimiento en situaciones aisladas. El c.c.s.s. es un proceso a muy largo plazo y su meta es un estado final estable. Cuando se logra existe una gran concordancia entre el maestro y el alumno. Este cambio incluye nuevos métodos para producir y valorar el conocimiento, una manera articulada de razonar y capacidad para la abstracción de las concepciones científicas. Villani considera que el c.c.s.s. sólo es alcanzable a nivel universitario debido a las habilidades intelectuales requeridas y a la concordancia entre los objetivos de aprendizaje del maestro y los estudiantes. Por lo tanto, este es un proceso a muy largo plazo en el cual cada cambio parcial puede ser la base de cambios sucesivos, como resultado de experiencias compartidas entre maestros y alumnos, así como la realización de muchos ejercicios exitosos en diferentes contextos.

2.5.3.4 Estrategias para apoyar el cambio conceptual

Con base en los diferentes modelos para entender el proceso de cambio conceptual se han desarrollado diferentes estrategias para apoyarlo.

La primera estrategia que se utilizó se basó en el enfoque popperiano, por lo cual la estrategia consistía en crear situaciones de conflicto en las cuales el estudiante tenía que poner a prueba sus "errores conceptuales" y a través de una lógica deductiva reconocer las deficiencias de sus concepciones y las ventajas de las "académicas". Una clase dada con este enfoque empezaría con la utilización de las concepciones alternativas de los alumnos, como si fueran correctas desde el punto de vista científico; éstas se aplicarían a diferentes situaciones y el estudiante terminaría por comprender las limitaciones o contradicciones de sus propias ideas y aceptaría las nuevas que le transmite el maestro. Dadas las limitaciones de este modelo, como ya se vio en la sección anterior se han propuesto otras estrategias de las cuales se mencionan algunas a continuación.

Varios autores como Pozo (1994), Nussbaum (1989) y Rosebery y Puttick (1998) coinciden con la propuesta anterior en cuanto a la importancia de iniciar el proceso a partir de las concepciones de los alumnos, generalmente en discusiones grupales. Rosebery y Puttick (1989) consideran que los alumnos deben tener la oportunidad de "jugar" y realizar experimentos informales con objetos sencillos más cercanos a su realidad. Este tipo de juegos le ofrece a los alumnos una experiencia rica sobre la cual puede reflexionar y al mismo tiempo confrontar sus ideas con las de sus compañeros, descubriendo elementos que tal vez ni siquiera había tomado en cuenta. Este juego o experimentación informal en grupo, permite llegar a una conclusión más de consenso en la cual se han explorado diferentes aspectos. Afirman que estas experiencias ofrecen al alumno una mayor comprensión de los fenómenos por estudiar, por lo cual no se debe ver esta actividad como una pérdida de tiempo. Su propuesta es enseñar más de menos. Para resolver el dilema de qué hacer para que los alumnos conozcan las explicaciones de los libros de texto y al mismo tiempo exploren sus propias ideas, estos autores proponen que se puede iniciar la actividad dándoles la explicación académica de manera explícita como una herramienta más para el análisis de sus ideas. Esta explicación también puede servir como marco para la interpretación de los datos.

Brown (1994)⁵⁶ propone el uso de analogías y modelos para ir avanzando paulatinamente en la dirección de las explicaciones científicas. Nuevamente el punto de partida serían las concepciones de los alumnos. Sin embargo, como menciona el autor, los alumnos tienen tanto concepciones útiles como perjudiciales para estos fines. La estrategia sería buscar la manera de ir incrementando el rango de aplicación de las nociones útiles y de ir disminuyendo el de las perjudiciales. El propósito es que a nivel intuitivo el alumno se vaya acercando a ciertos aspectos de la teoría científica al ir descubriendo las relaciones entre ciertos hechos, relaciones que antes desconocía. Sin embargo,

⁵⁶ Brown, D. E. (1994) "Facilitating Conceptual Change Using Analogies and Explanatory Models". *International Journal of Science Education* 16 no. 2, 201-214.

alerta el autor, es posible que estas analogías tengan sentido vistas desde el marco conceptual del experto, pero no del alumno. Para salvar esta situación propone utilizar analogías "puente" entre las concepciones de los alumnos y las académicas.

Brown (1994, pág. 201) distingue dos tipos de modelos:

1. Los modelos que comparten sólo una parte abstracta con el "blanco". (Modelo blanco se refiere a la representación científica utilizada para explicar la realidad.)
2. Los modelos que son candidatos para la realidad.

Un ejemplo del primer tipo de modelo sería el del estado sólido de la materia, que consiste en partículas unidas por resortes que tienen un movimiento armónico amortiguado. Un ejemplo del segundo tipo sería el del estado gaseoso, representado por partículas que se comportan como un conjunto de bolas de billar en constante movimiento. En el primer caso los resortes no existen en la realidad pero sirven para explicar cómo se da el movimiento relativo entre las partículas que componen un sólido. En el segundo caso, se cree que el gas está compuesto por partículas pequeñas, las cuales se comportan tal como lo predice el modelo. Puede ocurrir que algunos elementos de estos modelos correspondan a estructuras o mecanismos no observables pero sí imaginables y predecibles.

Al usar las analogías se debe tener mucho cuidado en que los alumnos entiendan que son precisamente eso, que sirven para entender la realidad pero que no son una representación exacta de la realidad. Cuando los alumnos comprendan lo anterior, pueden ver los problemas de una manera abstracta, facilitándose el cambio conceptual. A continuación se presenta un ejemplo de una secuencia de analogías propuestas por Brown (pág. 204) que va desde la intuitiva del alumno hasta la analogía "blanco" que es la científica. El concepto "blanco" es mostrar cómo una mesa ejerce una fuerza hacia arriba sobre un libro que descansa sobre una mesa. Esta fuerza es el resultado de la compresión microscópica (3a Ley de Newton). Se inicia esta secuencia con entender qué sucede cuando se oprime un resorte con la mano: el resorte también ejerce una fuerza hacia arriba sobre la mano que la oprime (fig. a). El siguiente paso, es analizar las fuerzas que actúan en un sistema libro-resorte (fig. b); en este se ve que tanto el libro ejerce una fuerza sobre el resorte, como el resorte sobre el libro. En la tercera analogía se coloca un libro sobre una superficie que se deforma (fig. c) y por último se ve la analogía "blanco", (fig. d), esto es el objeto sobre una superficie rígida. La concepción intuitiva que se busca cambiar en este caso es que los objetos estáticos no ejercen ninguna fuerza. Esta idea persiste aunque los alumnos ya hayan sido expuestos a la Tercera Ley de Newton, con lo cual se ve que la aceptación de un concepto no implica la asimilación del mismo.

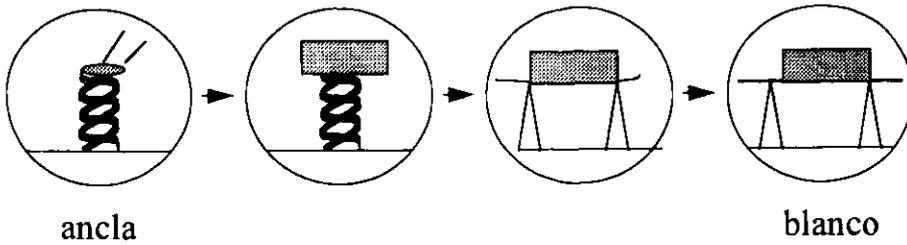


Fig. 2.1 Secuencia de analogías

En esta estrategia se ha visto que una sola analogía no es suficiente para la mayoría de los estudiantes. Se requieren varias analogías ligadas entre sí que van desde una situación muy aceptada a nivel intuitivo, hasta llegar a una situación teórica (Brown, 1994). Ejercicios con analogías como el que se acaba de mostrar ayudan al alumno a construir representaciones mentales que puede aplicar a otras situaciones y así lograr un cambio conceptual más global.

Linder (1993) insiste en la importancia de enseñar el contexto en que se deben aplicar los conceptos para utilizar la representación correcta. A continuación se presentan algunos ejemplos de lo anterior. Los libros de texto dicen que la luz es onda y partícula, pero generalmente no se pone mucho énfasis en decir que según el fenómeno que se estudia se le considera como una u otra. Por ejemplo, si se quiere estudiar la emisión o la absorción de fotones se utiliza el modelo corpuscular. En cambio, para estudiar ciertas propiedades de la luz como la reflexión o la refracción, se recurre al modelo ondulatorio. Algo similar ocurre con la corriente eléctrica. Se le considera como un flujo de electrones cuando se analiza el paso de esta corriente a través de un conductor metálico. Pero cuando se quiere estudiar el comportamiento de electrones en una solución acuosa, se utiliza el concepto de iones, que son partículas que pueden tener una carga positiva o negativa. La propuesta de Linder (1993) es poner menos énfasis en tratar de cambiar segmentos del repertorio conceptual de los alumnos y un mayor esfuerzo en ayudar a los alumnos a discriminar entre las distintas conceptualizaciones de acuerdo al contexto de que se trata.

Villani (1992), basándose en la idea de que existen dos etapas en el proceso de cambio conceptual y de que el tránsito de uno a otro es un proceso paulatino y a largo plazo, sugiere incluir reflexiones explícitas y progresivas de la manera académica de razonar, las metodologías, los valores y los objetivos. Para que las reflexiones sean útiles, éstas deben basarse en tareas que se hayan realizado con éxito. El análisis del desarrollo histórico de los conceptos científicos es una buena manera de presentar la analogía con el pensamiento de los alumnos y de mostrar la evolución de los conceptos en la ciencia.

Al comenzar la enseñanza de un tema, se pueden detectar diferentes estados de conocimiento previo de los alumnos:

- a) Que tengan sólo pedazos de información académica sin articular (Rosebery Puttick, 1998)
- b) Que tengan concepciones alternativas bien estructuradas pero distintas del conocimiento científico (Villani, 1992)
- c) Que tengan concepciones cercanas a las académicas (Villani, 1992).

Tanto Rosebery como Villani proponen en los primeros dos casos, es decir cuando sus concepciones son muy diferentes a las académicas, o también cuando no existe ninguna concepción previa, iniciar el proceso con el modelo académico. Rosebery y Puttick, como ya se mencionó, consideran que éste puede ser utilizado como una herramienta para analizar los resultados obtenidos a través de la experimentación. Villani, en cambio, propone algo más dirigido. Sugiere utilizar tanto el modelo académico, como el que los alumnos poseen, en varios casos simplificados y comparar los resultados en uno y otro caso. El propósito de esta actividad es que los alumnos vean las ventajas del modelo "académico".

En el caso c, es de decir cuando la concepción del alumno es similar a la que se pretende enseñar, Villani propone utilizar sólo las ideas de los alumnos y a partir de éstas ayudar a construir el modelo académico a través de ejercicios y ejemplos, introduciendo poco a poco los cambios necesarios hasta llegar al modelo deseado.

Villani comenta que se puede calificar la estrategia primera como una imposición de conocimiento y que el segundo podría verse como una evolución más natural del conocimiento. Sin embargo, considera que en ambos casos el aprendizaje será efectivo y estable sólo si se aplica el nuevo conocimiento durante un periodo grande con el fin de llegar al cambio conceptual. En cuanto a cómo apoyar esta construcción del modelo académico, comenta que la táctica del conflicto sólo funciona cuando éste es efectivo y sistemático. El alumno abandonará sus concepciones de sentido común para adoptar las concepciones académicas, cuando vea que éstas fallan sistemáticamente en la persecución de su meta educativa, ya sea personal o institucional. Es difícil que ocurra una insatisfacción real con su propia concepción en una fase inicial de aprendizaje de un tema y por eso sólo se puede hablar de un cambio conceptual latente (c.c.s.l.). La insatisfacción real con sus concepciones existentes implica una reflexión más profunda sobre sus esquemas previos y un enfrentamiento con el esquema académico; esto se da en el caso de un cambio conceptual en el sentido estricto (c.c.s.s.). Por lo tanto, la labor del maestro es apoyar continuamente este proceso que puede llevar varios años, orientando la construcción en la dirección deseada. Para lograr lo anterior debe estar preparado para detectar las potencialidades de

sus alumnos, sus problemas para el aprendizaje del tema, así como las preguntas que hacen, para poder dar respuestas que favorezcan el cambio. Esto requiere una reflexión, por parte del maestro, sobre su propia práctica docente, para lo cual es necesario que el cambio conceptual por parte del maestro se dé no sólo en el contenido de lo que va a enseñar, sino también en sus ideas en torno a la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. (Villani, 1992).

2.5.3.5 Conclusiones

En mi opinión el cambio conceptual es un proceso gradual y a muy largo plazo, difícilmente alcanzable por la mayoría de las personas si se considera que la meta final es el conocimiento científico. Este cambio conceptual no debe verse como el reemplazo de un pedazo de la estructura cognitiva de un individuo por otro más "académico". Existe una relación entre el conocimiento previo a la instrucción de un individuo y las nuevas experiencias o información que recibe. Este conocimiento previo es la base para interpretar lo nuevo y por lo tanto se construye sobre lo que ya se tiene, no se sustituye. Los conocimientos de sentido común siempre estarán presentes, aun en las concepciones de los expertos, aunque sea de manera residual. La meta debe ser por consiguiente, no que estos conocimientos previos a la instrucción o de sentido común sean eliminados, sino que el individuo sea capaz de diferenciarlos. Una persona con una cultura científica debe entender en qué contexto se aplican las concepciones de sentido común y en cuál las científicas. También debe saber que los significados de los conceptos científicos cambian en diferentes contextos de la ciencia.

Para que el conocimiento de las personas vaya en la dirección deseada se requiere de reforzamientos frecuentes para que el sujeto incorpore nuevas experiencias, revise y reestructure su red de conocimientos. En un grupo de personas, es muy posible que el maestro se enfrente a diferentes niveles de conocimiento así como a dos o más esquemas alternativos, por lo cual es necesario aplicar distintas estrategias de las mencionadas en la sección anterior para avanzar en la dirección del cambio conceptual. Además, también es factible que los sujetos de este grupo se encuentren en diferentes etapas de su desarrollo intelectual, por lo cual es recomendable utilizar, en la medida de lo posible, experiencias concretas y posponer explicaciones abstractas que requieren un mayor nivel de madurez por parte del sujeto. Se sugiere presentar los temas con el mayor número posible de ejemplos y en contextos distintos. Difícilmente se puede llevar a cabo todas las sugerencias anteriores mediante clases expositivas, en las cuáles el apoyo más empleado es el pizarrón. El laboratorio, cuando se permite al estudiante explorar con cierta libertad bajo la supervisión del maestro, puede ser un magnífico auxiliar en el proceso de cambio conceptual. Sin embargo, frecuentemente, estos recursos no son suficientes o no se cuenta con la infraestructura adecuada, para explicar un tema por lo cual es conveniente recurrir a otros medios. En este sentido, la experiencia vivida en los museos es particularmente útil porque ofrece la oportunidad de partir de lo concreto con la posibilidad de una reflexión posterior a corto, mediano o largo plazo. También se

puede observar la misma idea o concepto en distintos contextos. Esta experiencia no es sólo a nivel cognitivo, sino afectivo y de desarrollo de habilidades también.

El cambio conceptual no se refiere sólo al contenido de las concepciones científicas y la capacidad para aplicarlos en diferentes contextos. También implica una reestructuración de la red de conocimientos, nuevas formas de razonar, nuevas necesidades epistemológicas, como la coherencia y la generalización; y nuevos valores cognitivos como el uso de nociones abstractas y formalizaciones matemáticas en el análisis de fenómenos naturales.

Alcanzar este estado de conocimiento significa que ha habido un cambio conceptual en el sentido estricto (c.c.s.s.) para lo cual se requiere haber realizado muchas tareas exitosas sobre el tema y una madurez intelectual. Por lo tanto, el c.c.s.s. sólo se puede conseguir a nivel universitario. Para la mayoría de las personas y por consiguiente para los estudiantes de niveles educativos previos al universitario, el c.c.s.l. es deseable y suficiente. Es decir, es suficiente que un estudiante del nivel medio superior entienda las concepciones científicas y que las pueda distinguir de las del sentido común, y que pueda aplicar estas concepciones para entender casos particulares

En conclusión, una de las tareas del maestro de los diferentes niveles escolares, previos al universitario, es apoyar este proceso a través de la realización de muchas experiencias exitosas en la dirección deseada. En esta labor uno de los obstáculos a vencer es la incompatibilidad de objetivos de aprendizaje entre los alumnos y el maestro. El objetivo principal de muchos alumnos es la certificación de sus conocimientos para poder continuar sus estudios. Para cerrar la brecha entre los objetivos de los alumnos y el sistema educativo se tiene que buscar una evaluación que cumpla con los objetivos de ambos, es decir que el alumno obtenga la calificación y que al mismo tiempo vaya evolucionando su conocimiento en la dirección deseada.

Por lo tanto, se necesita un cambio en los alumnos, en los maestros y en el sistema educativo en general. Se requiere que el alumno tenga la oportunidad de muchas experiencias exitosas en diferentes contextos pero también el maestro necesita este tipo de experiencias para que pueda comunicárselas a sus alumnos. Los maestros necesitan capacitarse y actualizarse no sólo en los contenidos de su materia, sino que también necesitan un espacio para hacer una reflexión sobre su práctica docente. Estas experiencias que sirven como base para la reflexión no ocurren sólo en el ámbito escolar, se tienen que hacer extensivas a otros ámbitos que les permitan tener vivencias que de otra manera serían imposibles.

CAPÍTULO III

EL APRENDIZAJE EN UN MUSEO INTERACTIVO DE CIENCIA

3.1 INTRODUCCIÓN

La escuela no es el único sitio en el cual las personas aprenden sobre temas relacionados con la ciencia. Existen otros medios que cumplen con este propósito no sólo para el sector estudiantil, sino para la población en general, como son los medios escritos (prensa, publicaciones periódicas, libros), la televisión, la radio, los medios audiovisuales (videos, diaporamas, películas), los medios electrónicos, las comunicaciones directas (conversaciones, conferencias), los espectáculos (demostraciones, representaciones teatrales) y los museos (Lucas, 1991)⁵⁷. Cada uno de estos medios tiene sus reglas, así como sus potencialidades y limitaciones en cuanto a sus bondades comunicativas y didácticas. En este capítulo se analiza el caso específico de los museos de ciencia.

Para iniciar este análisis sobre el aprendizaje en los museos de ciencia, se retoma la discusión que se inició en el capítulo II en cuanto a que el punto no es si se aprende o no en un museo, sino cómo se aprende y qué hacer para que los visitantes aprendan más. Para evaluar como se da el aprendizaje en este contexto se requiere una definición amplia que permita tomar en cuenta la experiencia completa del museo y no sólo lo que se vive durante la visita misma. Esta experiencia se inicia con los preparativos que se hacen para realizar la visita y nunca se puede dar por concluida porque queda como parte del bagaje de conocimientos de cada persona. Para hacer este análisis se utilizará el modelo de la experiencia interactiva desarrollado por Falk y Dierking, que se presentó en el capítulo II. En este modelo los autores proponen tres parámetros, denominados contextos, para el análisis de la experiencia interactiva. Estos contextos son el personal, el social y el físico. Afirman que para desarrollar una exposición exitosa a nivel comunicativo y educativo, es necesario tener presente, a lo largo de todo el proceso, cómo influyen estos contextos así como la interacción entre ellos. Lo mismo se aplica a la evaluación que se haga de la exposición en sus diferentes etapas de desarrollo, desde la planeación hasta la ocupación por el público.

Dentro de este marco general se acotará el estudio al caso del sector estudiantil; se examina la relación entre la escuela y el museo y se hacen sugerencias sobre cómo explotar mejor los recursos que este ámbito no-formal ofrece como apoyo al currículum. Así mismo, se elaboran criterios para incrementar el potencial didáctico de una exposición en sus diferentes fases de realización: la planeación, el diseño, la construcción y la ocupación.

⁵⁷ Lucas, A. M. (1991). "Info-tainment" and informal sources for learning science. *International Journal for Science Education*. Vol. 13, no. 5, pag. 495-504.

Para concluir este capítulo, se plantea cómo lo que se aprende sobre cómo la gente aprende en un ámbito no-formal, como un museo, puede ser aplicado al contexto formal.

3.2 EL MUSEO: UN AMBIENTE IDEAL PARA EL APRENDIZAJE

Una de las motivaciones principales de las personas para visitar un museo, es el aprendizaje, ya sea para sí mismos o para los que los acompañan, por ejemplo alumnos o hijos (Falk & Dierking, 1992). Aun los visitantes que no expresan este propósito, aprenden algo, ya sea a nivel de información o de actitudes (Boisvert y Slez, 1994)⁵⁸, aunque no siempre es consciente.

El aprendizaje se puede vislumbrar como el cambio en el conocimiento de una persona, sus habilidades y sus creencias. Estos cambios, a nivel fisiológico, implican una modificación en la red neuronal, pero también tienen una dimensión social puesto que pueden ser apoyados o moldeados por un grupo de personas (Dristas et. al., 1998)⁵⁹. Sin embargo, cada pedazo de información que recibe un sujeto es asimilado con un sello particular debido a que el aprendizaje depende de la interacción entre los tres contextos, el personal, el social y el físico.

La naturaleza no-evaluatoria y estimulante del museo ayuda a que el visitante se involucre en un proceso de aprendizaje sin que esté consciente de que esto ocurre (Ramey-Gassert, 1994). El aprendizaje en este ámbito es mucho más que la adquisición de información nueva para llenar huecos conceptuales o corregir concepciones erróneas, también implica un incremento en la capacidad inquisitiva, la motivación y la voluntad de conocer. Se estimula el desarrollo en el terreno psicomotor, como la habilidad para manipular objetos y la coordinación entre la vista y las manos (Ramey-Gassert, 1994). Falk y Dierking (1992) señalan que el aprendizaje en un museo se puede tornar significativo en el sentido ausbeliano, como resultado de acciones como la observación; la lectura de cédulas; la discusión con los acompañantes o personal del museo y la manipulación de un equipamiento de acuerdo a las instrucciones. Puede ocurrir que la realización de alguna de las actividades mencionadas sirva de disparador para iniciar un proceso de construcción de conocimiento o ayude a comprender un concepto a un nivel más profundo. Mediante estos procesos activos las personas seleccionan, transforman e interpretan la información para ampliar, extender, o revisar sus estructuras cognitivas. La experiencia contribuye a que la estructura cognitiva del sujeto vaya evolucionando de una de no iniciado a una de experto (Borum, 1993) contribuyendo de esta manera al proceso de cambio conceptual.

⁵⁸ Boisvert, L. D. y B. J. Slez (1994). "The Relationship between Visitor Characteristics and Learning-Associated Behaviors in a Science Museum Discovery Space. *Science Education*. Vol. 78 no. 2, pags. 137-148.

⁵⁹ Dristas, J., M. Borum, J. Johnson, N. Peter, K.F. Wagner, K. Jangard, E. Stroup, A. Wenger (1998). *Family Learning in Museums: The PISEC Perspective*. Philadelphia Camden Informal Science Collaborative (PISEC). The Franklin Institute. Philadelphia, PA. E.E.U.U.

El potencial didáctico de los museos satisface un rango amplio de edades, convirtiéndose en lugares para aprender toda la vida y no sólo mientras se es estudiante (Hooper-Greenhill, E., 1996)⁶⁰. El público que visita la mayoría de los museos es heterogéneo y cada visitante encuentra algo de su interés y hará una lectura de acuerdo a sus características específicas.

Un museo planeado de acuerdo a los lineamientos esgrimidos en esta tesis, los cuales también están reportados en la literatura sobre los mismos, estará diseñado de acuerdo a los intereses, estado de conocimiento, actitudes y estilos de aprendizaje del público meta. Ofrecerá una variedad de opciones en cuanto a temas y medios utilizados para comunicar cada uno de los mensajes propuestos, con objetos reales; objetos tridimensionales y no sólo ilustraciones o imágenes planas; multimedia; videos; aparatos interactivos; demostraciones; conferencias; espectáculos y material de consulta. Un museo como el que se describe ofrece la oportunidad de ver y a veces hasta de sentir "en carne propia" fenómenos, efectos, estructuras y sensaciones que antes sólo podíamos imaginarnos o en el mejor de los casos ver en las páginas de un libro (Reynoso, 1995 a). Un ejemplo sería el poder comprender y sentir el momento angular al subirse a una silla giratoria, abriendo y cerrando los brazos alternadamente mientras se da vueltas. Es posible que la vivencia quede sólo a nivel cualitativo, es decir es que si se encogen los brazos se gira más rápido que cuando se abren. El haber vivido esta experiencia será de gran utilidad para después comprender este concepto a un nivel más formal, cuando se tengan las herramientas intelectuales necesarias.

Algunos equipamientos están diseñadas para un solo usuario; sin embargo, otros y ciertas actividades requieren de la participación de dos o más personas, favoreciéndose el aprendizaje colectivo.

Un multimedia ofrece varias ventajas: la posibilidad de involucrar todos los sentidos en nuestro acercamiento al objeto de conocimiento, satisfacer diferentes estilos de aprendizaje y también los distintos tipos de inteligencia propuestos por Gardner (desarrollado en la siguiente sección).

Un multimedia ofrece la factibilidad de que se utilice el medio más adecuado para cada concepto o área de la ciencia. Los fenómenos físicos, al ser, en muchos casos, fácilmente repetibles y controlables, son adecuados para ser representados mediante un aparato interactivo que puede reproducir el efecto deseado. El video es útil para mostrar objetos en movimiento o procesos cuya evolución es demasiado rápida o lenta como para apreciarse en un lapso breve de tiempo; así, se puede acelerar el crecimiento de una flor o desacelerar el vuelo de un colibrí. Para representar fenómenos químicos se puede recurrir a las demostraciones o espectáculos puesto que muchas veces se utilizan reactivos peligrosos cuyo manejo requiere de cierta pericia. Los modelos o simulaciones por computadora nos ayudan a imaginarnos objetos en tercera dimensión o estructuras no visibles o microscópicas. Los juegos en computadora son útiles para entender el concepto de modelo y jugar con las variables involucradas en un

⁶⁰ Hooper-Greenhill, Eileen (1996). *Museums and Their Visitors*. Capítulo 8. Ed. Routledge. London, New York. pags. 140 - 170.

determinado fenómeno; la lista de ejemplos de recursos que pueden ser utilizados es extensa.

Lo anterior muestra cómo un museo puede tener impacto a nivel cognitivo y psicomotor. A nivel emotivo, puede contribuir a que el público se vuelva más sensible y se entusiasme por la ciencia y la tecnología, mejorando su actitud hacia las mismas, contribuyendo a la creación de una cultura nacional y una sociedad más preparada para entender y apoyar los desarrollos científicos y tecnológicos, con más elementos para opinar y decidir sobre asuntos relacionados con los mismos.

3.2.1. La medición del aprendizaje en un museo

Es difícil aislar lo que se aprendió en un museo de todas las otras experiencias y fuentes de información con el fin de medir el potencial didáctico de este medio. Si consideramos el modelo de la experiencia interactiva, vemos que tampoco es posible aislar el efecto de cada uno de los contextos: el personal, el social y el físico, puesto que la experiencia depende de la interacción entre los tres y dada la gran cantidad de variables involucradas, no existen dos experiencias iguales para la misma persona que visita el museo en diferentes ocasiones y mucho menos se puede hablar de que dos visitantes, aunque se encuentren en el museo al mismo tiempo y hagan exactamente lo mismo, tengan experiencias idénticas. Esta experiencia es parte del gran proceso continuo de construcción del conocimiento y puede ser particularmente significativa debido a todas las condiciones que se mencionaron en el inciso anterior.

Sin embargo, diversos autores han tratado de establecer parámetros que sirvan para medir el impacto de una visita específica. Stevenson (1991)⁶¹ establece una lista de vivencias concretas que se lleva el visitante al salir de un centro interactivo de ciencia y tecnología :

1) *Un conjunto de experiencias o recuerdos*, los cuales se pueden clasificar en tres categorías: a) qué hicieron, b) cómo se sintieron, c) qué pensaron.

2) *Un conjunto de efectos*, que se descubren al manipular un objeto o un equipamiento interactivo, como los que se describieron para la silla giratoria.

3) *Un conjunto de explicaciones*, de los efectos observados.

4) *Un conjunto de aplicaciones*; de los efectos y las explicaciones.

5) *Mayor entendimiento de los conceptos o fenómenos*. Éste puede ocurrir por ejemplo, al manipular un aparato, observar un objeto en tercera dimensión, o ver un concepto o idea científica en otro contexto.

6) *Un cambio de actitud hacia la ciencia*. Este cambio puede ser desde descubrir que la ciencia puede ser interesante y necesaria hasta llegar a apasionarse por ella.

⁶¹ Stevenson, J. (1991). "The Long-term Impact of Interactive Exhibits". *International Journal of Science Education*. Vol. 13, no. 5, pags. 521-531.

Para medir lo que se aprendió en cada una de estas experiencias concretas Stevenson propone analizarlas durante la visita y el recuerdo de éstas unos meses después. Durante la visita, sugiere que se examine qué tanto procesa el sujeto la información presentada. Mientras mayor sea el procesamiento en el momento en que se codifica la información, mejor será la memoria del evento. Un procesamiento profundo y elaborado produce un impacto en la memoria a largo plazo. No sólo influye lo que ocurre en ese momento preciso porque la memoria se construye y reconstruye, incorporando otros eventos vividos. Los estudios realizados por Stevenson en relación a lo que recuerdan los sujetos meses después, muestran que evocan más bien efectos y no tanto las explicaciones. Este resultado muestra el valor de la interactividad. La explicación puede enriquecer la experiencia, pero no es lo fundamental, lo valioso es la experiencia misma que puede ser la base para una reflexión posterior.

Falk y Dierking (1992) afirman que existen dos elementos que intervienen en lo que las personas recuerdan: a) la experiencia y el conocimiento previo y b) la experiencia subsecuente. Sustentan que el mejor mecanismo para retener un hecho en la memoria durante mucho tiempo es la repetición. Como la información que proviene del evento mismo se fusiona en la memoria con la información externa, la previa y la que es suministrada después, al cabo del tiempo es difícil determinar la fuente de un recuerdo particular. Lo que sí se puede aseverar es que, dado que el aprendizaje requiere de la experiencia previa y el reforzamiento subsecuente, los que tienen una experiencia previa más rica y mejor estructurada aprenderán más, o sea, el que más sabe más aprende. También se puede afirmar que mientras mejor sea el reforzamiento subsecuente, mayor será el aprendizaje. Por lo anterior, es sumamente productivo realizar actividades antes, durante y después de la visita a un museo para explotar al máximo el potencial didáctico de éste.

Eileen Hooper-Greenhill (1996) sostiene que el aprendizaje dentro de un museo será más o menos significativo según el tipo de actividad realizada. Esto depende, en gran medida, de los recursos utilizados por el museo mismo y la forma en que se presente la información. Lo que se retiene dependerá de qué tanto se involucre el individuo. Afirma esta investigadora que a menos que el usuario haga un esfuerzo mayor por procesar la información presentada, se ha encontrado que por lo general recordamos 10% de lo que leemos, 20% de lo que hacemos, 30% de lo que vemos, 70% de lo que decimos y 90% de lo que decimos y hacemos.

Distingue tres maneras de relacionarse con el material de aprendizaje, que corresponden a diferentes modos utilizados para aprender: el simbólico, el icónico y el representativo.

El *modo simbólico* es la modalidad más abstracta. Requiere, por parte del sujeto, un alto grado de entendimiento y un uso elevado del lenguaje.

El *modo icónico* consiste en aprender por imágenes o representaciones de la realidad como dibujos, esquemas, fotografías y películas.

El *modo representativo* implica aprender mediante el uso de objetos reales, o la realización de actividades.

Estas dos últimas son formas más concretas.

Hooper-Greenhill recomienda no recurrir demasiado al modo simbólico en un museo, debido que se requiere que el usuario posea un alto nivel educativo y capacidad de abstracción, eliminándose así una parte importante del público potencial. Algunos museos abusan de este modo al utilizar textos largos y complicados para explicar los efectos observados.

Comenta que el modo icónico es el que más se explota, esto es el uso de objetos en segunda y tercera dimensión, debido a que es más directo y no requiere de un alto grado de razonamiento o mucho conocimiento previo. Sin embargo, en ocasiones, las imágenes utilizadas puede que no resulten tan obvias o claras, sobre todo cuando no tienen una relación con la experiencia cotidiana del visitante. A mi modo de ver, el uso de imágenes tiene otros problemas que también hay que tomar en cuenta al planear una exposición. Los modelos o las ilustraciones, sobre todo cuando éstos no son familiares al visitante, pueden llevarlo a concluir erróneamente que son una representación fiel de la realidad. Tal es el caso de modelos de objetos microscópicos o modelos atómicos: el sujeto puede pensar que un átomo o una célula son exactamente como se ve en los dibujos, esto incluye considerarlos planos, no en tercera dimensión. También es necesario tomar en cuenta los problemas de escala. Por ejemplo, para representar el sistema solar, con planetas de tamaño visible para el visitante se requiere un gran espacio, más del que se tiene en una sala de exposición o en todo el museo, para respetar la proporción correcta en cuanto a los tamaños relativos de los planetas, así como la distancia entre ellos. Si no se respeta la escala, el visitante puede concluir que la diferencia de tamaño entre los planetas y sus satélites no es tan grande y que éstos están mucho más cerca el uno del otro. Estas interpretaciones erróneas pueden llevar también a conclusiones equivocadas en relación a los fenómenos astronómicos.

El modo representativo, que implica la participación activa de las personas, aporta grandes ventajas didácticas, debido a que requiere, por parte del usuario, menos habilidades de las asociadas con la educación formal. El tipo de actividades sugeridas en este rubro serían el uso de aparatos interactivos; demostraciones en las cuales el visitante tiene un contacto directo con el demostrador; juegos; talleres; espectáculos y obras de teatro, sobre todo aquellas en las cuales el público interviene. La desventaja de este tipo de actividades es fundamentalmente de orden económico, debido al costo para mantener los aparatos interactivos y el pago de personal capacitado para las demostraciones o espectáculos. Otro inconveniente de las actividades como las mencionadas tiene que ver con la actitud del público a muchas personas que están habituadas a aprender de manera formal les cuesta trabajo involucrarse activamente. Si el personal del museo, por ejemplo, un anfitrión, es sensible a este dificultad puede ayudar al visitante a superarla.

Evidentemente, las posibilidades comunicativas se incrementan para servir a un público más amplio y con un espectro variado de intereses, si se combinan los tres modos. La factibilidad para usar los modos icónicos y representativos, en

comparación con las posibilidades del contexto formal de la enseñanza, implica grandes oportunidades de aprendizaje.

Falk *et. al.* (1998)⁶² propone un instrumento para medir el grado de aprendizaje como resultado de una exposición. Al aplicar este instrumento se debe tomar en cuenta que las condiciones iniciales de cada visitante son únicas y que no tienen por qué salir con el mismo conocimiento al terminar su visita. Falk y Dierking (1992) sugieren medir el estado de conocimiento en tres momentos: al inicio de la visita, al término de ésta y un tiempo después (entre dos y seis meses). Consideran cuatro parámetros para este estudio:

1) *El vocabulario utilizado*: lo que se busca es el uso de palabras nuevas como resultado de la exposición.

2) *La amplitud conceptual*: se mide el cambio en el número de conceptos utilizados correctamente antes y después.

3) *El grado de entendimiento de los conceptos*: se explora qué tan elaboradas o detalladas son las descripciones y se les da una calificación del 1 al 4. El número 1 significa que no existe refinamiento alguno y el 4 implica un alto grado de refinamiento.

4) *La maestría del entendimiento*: se mide la facilidad con que los sujetos expresan sus ideas. Nuevamente se califica del 1 al 4, en donde 1 corresponde al nivel de un no-iniciado y el 4 al de un experto.

Otros factores que se deben tomar en cuenta en este análisis sobre el impacto educativo son: los objetivos de la visita, las estrategias utilizadas para visitar el museo, qué tan lleno se encontraba y las características del visitante entrevistado. Falk sugiere que haya por los menos dos entrevistadores trabajando en forma independiente, los cuales deberán comparar sus resultados posteriormente.

En conclusión lo que se aprende en un museo es medible en varias dimensiones: a) información y vocabulario, b) comprensión conceptual del tema y c) maestría que se refleja en su capacidad explicativa de lo que saben y entienden.

Al aplicar este instrumento Falk, *et. al.* (1998) concluyeron que: a) a mayor tiempo dedicado a la exposición, mayor será el aprendizaje tanto a nivel conceptual como de maestría del mismo y b) la motivación y el propósito de la visita son determinantes en el resultado final. Este último punto significa que la razón por la cual los visitantes acuden al museo influye en qué tanto aprenden. Los visitantes que manifestaron que sus motivaciones eran aprender algo, obtuvieron mejores calificaciones que los que dijeron que sólo iban por razones de entretenimiento. También se observó una diferencia significativa entre los visitantes que tenían objetivos muy claros para la visita y que había hecho algunos preparativos para la misma y los que sólo iban a "pasar el rato". Algunos visitantes respondieron que iban al museo tanto por razones de entretenimiento como educativas. El autor discute que estas dos razones para visitar un museo no deben verse como excluyentes, sino como los dos extremos de un continuo. El

⁶² Falk, J., T. Missouri y D. Coulson (1998). "The Effect of Visitor's Agenda on Museum Learning". *Curator: The Museum Journal*, Vol. 41, no. 2, pags. 107-120

entretenimiento se relaciona con lo vago y lo frívolo; sin embargo, muchos visitantes encuentran que aprender es divertido y muchos de los que respondieron que iban sólo a divertirse también aprendieron. Por lo tanto, si estas motivaciones no son excluyentes para los visitantes, tampoco deben serlo para los profesionales del museo y se deben considerar como dos aspectos complementarios de una experiencia compleja de tiempo libre. Lo anterior también es aplicable a una visita escolar.

3.2.2 Hacia una nueva experiencia de aprendizaje

El concepto de los museos de ciencia, esto es su contenido, misión, objetivos, público al que se dirigen, recursos utilizados y formas de operación han evolucionado a lo largo de los años. Al igual que los museos que no son de ciencia, presentan lo que la sociedad ha considerado valioso dar a conocer en diferentes momentos de su historia, (Hooper-Greenhill 1995)⁶³. Son un reflejo de la evolución del conocimiento, no sólo en cuanto al contenido, sino también en los criterios utilizados para validarlo, así como la forma en la que se espera que el visitante se apropie del mismo. Lo anterior es un resultado del cambiante contexto político, económico, social e ideológico en que los museos están inmersos.

Los primeros museos aparecieron en el siglo XV. Su función fue albergar importantes colecciones de obras de arte u otros objetos considerados de valor. Inicialmente, estas colecciones, pertenecientes a los monarcas y nobles europeos, se instalaban en galerías privadas dentro de los palacios con acceso limitado a un sector selecto de la sociedad. Con los años, estas colecciones fueron aumentando en número y extensión, pero sin perder su carácter de exclusividad. Al terminar la Revolución Francesa ocurrió un hecho sin precedentes: la colección del Palacio del Louvre en París fue abierta al público, como un logro más de la revolución y el nuevo concepto de sociedad. Paulatinamente, empezó a ocurrir lo mismo con otras colecciones. Este hecho marco un giro radical en los objetivos de los museos, iniciándose una nueva práctica museológica. Fue necesario contar con personal para cuidar y vigilar los objetos, por lo cual el coleccionismo se profesionalizó, convirtiéndose en una actividad organizada, la cual incluía la investigación y conservación de los objetos (Hooper-Greenhill, 1995).

El antecesor de los museos de ciencia y tecnología actuales se remonta a los siglos XVII y XVIII cuando la nobleza y los intelectuales de la época comenzaron a interesarse por coleccionar objetos del "mundo natural", los cuales fueron estudiados y clasificados por las recién creadas sociedades científicas. Fue así como nacieron los jardines botánicos y los zoológicos.

En el siglo XIX surgieron los grandes museos nacionales de historia, arte y ciencias naturales, cuyo propósito fue mostrar a la sociedad su patrimonio cultural y tecnológico con el fin de crear un sentimiento de orgullo nacional. Sin embargo,

⁶³ Hooper-Greenhill, Eileen (1995). *Museums and the Shaping of Knowledge*. Ed. Routledge. London, New York.

aunque su finalidad fue ilustrar al pueblo, en la práctica fueron visitados por muy pocos, dado el carácter erudito con que se presentaban los objetos.

A finales del siglo pasado empiezan a brotar algunos casos aislados en los cuales se hace un esfuerzo por verdaderamente atraer al gran público con exposiciones más didácticas y accesibles. Fue hasta la década de los sesentas de este siglo cuando se desata la búsqueda por nuevas formas para comunicar los contenidos incorporando no sólo elementos cognitivos, sino también afectivos. Nuevamente se da un cambio radical en varios aspectos como: contenido, público meta, misión y objetivos. En estos nuevos museos, los objetivos educativos toman prioridad sobre los de conservación y por consiguiente las ideas se vuelven más importantes que los objetos (Hooper-Greenhill, 1995). Esta revolución en el concepto de museo se manifiesta particularmente en los museos de ciencia. Para estudiar esta evolución, se ha desarrollado una tipología expresada en términos de "generaciones" para clasificar a los museos de acuerdo a su ubicación en la escala evolutiva de los mismos (Padilla, J. 1999)⁶⁴.

Museos de primera generación

Estos son los museos denominados "tradicionales", que fueron creados para la conservación de objetos de valor científico, como aparatos científicos o colecciones biológicas o geológicas. Aunque hoy día estos museos están abiertos al público general, su enfoque expositivo hace que en la práctica sean visitados principalmente por estudiosos y expertos en los temas exhibidos. La conducta esperada por el visitante en este tipo de recintos es pasiva y de respeto absoluto a los objetos.

Museos de segunda generación

Estos son los antiguos museos de ciencia y tecnología. Su finalidad principal es mostrar la historia de la ciencia y la tecnología nacional. El enfoque es básicamente demostrativo. En éstos se puede observar el funcionamiento de aparatos al ser accionados por el visitante. El primer museo que se convirtió en uno de segunda generación fue el Deutsches Museum de Munich, a principios de siglo. La gran diferencia con los otros museos de la época fue que en el Deutsches Museum el usuario podía tocar los objetos, con el auxilio de personas que explicaban su funcionamiento. Fue tal el éxito de este museo, que al poco tiempo fue imitado en otros países de Europa y América (Grinell, 1992). Algunos de los primeros museos de esta generación que destacan por su contenido son: el Palais de la Découverte en París, el Museo de Ciencia e Industria de Chicago y el Franklin Institute Science Museum en Philadelphia. Aunque el usuario juega un

⁶⁴ Padilla, J. (1999). "El desarrollo de los museos y centros de ciencia en México". Conferencia magistral presentada en el VIII Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica, organizado por la SOMEDICYT (Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica). León, Gto. marzo, 1999.

rol receptivo en este tipo de museos, es menos pasivo que en los museos de primera generación.

Museos de tercera generación

La mayoría de los modernos museos o centros de ciencias pueden ser colocados en esta categoría. Estos museos se distinguen de los anteriores por un giro radical en su contenido, objetivos, público meta y filosofía (Reynoso, 1996). Como ya se mencionó, en estos museos el valor de lo expuesto no está tanto en los objetos como en las ideas y conceptos que se intentan transmitir. La característica más evidente de este tipo de museos fue la disminución considerable o en algunos casos la ausencia total de "objetos intocables" para dar lugar a aparatos interactivos. El carácter de este tipo de museos es interactivo; en ellos el visitante puede participar activamente. En estos museos o centros se da mucha importancia a la experimentación para lo cual se recurre a diferentes medios y tecnologías modernas. Los pioneros de esta nueva generación fueron el Exploratorium en San Francisco y el Ontario Science Centre en Toronto (Grinell, 1992). Con este nuevo enfoque los museos dejaron de ser exclusivamente para los estudiosos o expertos y comenzaron a ser atractivos para personas de todas las edades y estratos sociales. Las experiencias interactivas que obtiene el usuario en este tipo de recintos son de "final cerrado", esto es los aparatos están diseñados de tal manera que los resultados están predeterminados.

Museos de cuarta generación

Han empezado a surgir en fechas recientes museos que se consideran de cuarta generación. Éstos no son muy diferentes a los anteriores en cuanto a los recursos utilizados, pero sí lo son en cuanto al enfoque y la forma en que el visitante interactúa con los equipamientos. La experiencia ofrecida en estos sitios se puede calificar de inmersiva, la participación que se promueve es mucho más creativa. Los equipamientos exhibidos son de "final abierto", es decir, el resultado no está predeterminado y el usuario puede elegir entre varias opciones de interacción.

En estos centros se busca responder a las expectativas y necesidades del público a través de la presentación de problemas cotidianos y sus posibles soluciones. Se caracterizan por tener muchas actividades de todo tipo, incluyendo debates sobre temas actuales relacionados con la ciencia y la tecnología. Ejemplos de este tipo de museos serían el de Science North en Sudbury, Canadá y Metrópolis en Amsterdam.

Hoy día coexisten museos de las cuatro generaciones. En un extremo están los museos tradicionales a la usanza del siglo pasado y en el otro los de vanguardia como Metrópolis que están marcando la pauta para la evolución de los mismos. Es difícil encontrar un museo "puro" en cuanto a la generación a la que pertenecen, puesto que la mayoría contienen elementos característicos de

dos o más generaciones. Muchos museos han sido remodelados parcial o totalmente con base en los nuevos conceptos museológicos, pasando de una generación a otra en la escala evolutiva. La mayoría de los museos, aun los que se abrieron hace pocos años, están en un proceso permanente de evaluación y renovación con el fin de mantenerse actualizados en contenido, nuevas tecnologías y las necesidades cambiantes del público. Muchos cuentan con un espacio para exposiciones temporales con el fin de siempre tener algo nuevo que ofrecer; otros cuentan con un programa de actividades complementarias como conferencias, cursos, espectáculos, películas y talleres. Sin embargo, todos los museos, sin importar la generación a la que pertenezcan ofrecen una experiencia novedosa, y la riqueza de ésta depende de la relación que se establece entre el visitante y el museo.

3.3 LA CREACIÓN DE LA EXPERIENCIA INTERACTIVA

3.3.1 La construcción de la experiencia interactiva

Es frecuente que al planear una exposición o al analizar la experiencia que ésta produce en el visitante, no se tomen en cuenta cada uno de los contextos o se utilice un subconjunto del modelo de la experiencia interactiva. Por ejemplo, cuando la preocupación central es crear una exposición que sea atractiva desde el punto de vista estético, se puede llegar a poner demasiado énfasis en la museografía, que corresponde básicamente al contexto físico, con elementos como: la arquitectura, la iluminación, la ubicación de los objetos y otros aspectos de orden funcional y estético, descuidándose los otros dos contextos.

Es común que los contextos personal y social sean minimizados o ni siquiera considerados. Esto sucede cuando no se hace un estudio previo del público potencial y se diseña el mensaje en función de un visitante hipotético. Al decir visitante hipotético me refiero al que el equipo realizador tiene en mente al presuponer los intereses y gustos del público y hasta lo que creen que van a entender. Es posible que éste visitante hipotético no sea uno sólo, sino uno diferente por cada uno de los integrantes del equipo de trabajo. No se han tomado la molestia de averiguar quién es su público potencial, o sea los que podrían ser sus visitantes reales. Por lo tanto no saben que piensan sus visitantes potenciales, que les gustaría saber, cuál será el propósito de su visita, cuál es su conocimiento previo sobre el tema y que posibles problemas de interpretación tendrán. Tampoco se toma en cuenta que lo más probable es que estos visitantes acudirán al museo acompañados y que entrarán en contacto con personal del museo, interacciones sociales que influirán de manera decisiva en su experiencia.

Al planear y diseñar una exposición, es necesario recordar que existen diferentes formas de aprender y distintas preferencias para acercarse al objeto de conocimiento. Algunas personas aprenden mejor a través de la lectura y otros prefieren escuchar. Hay visitantes a los que les gusta interactuar con los aparatos y participar en actividades de grupo, otros prefieren observar a los demás. También existen fobias (Falk y Dierking, 1992), por ejemplo a lugares cerrados o

con mucha gente, a insectos, a las computadoras o a que los presionen para que participen en alguna actividad. Son muchos los factores que intervienen en que el resultado sea una experiencia positiva o negativa.

El modelo de la experiencia interactiva nos muestra que esta vivencia es rica en el aspecto intelectual, social, físico y emocional y que la interacción de los tres contextos constituye una unidad integral con propiedades no separables. Por lo anterior, se propone emplear este modelo para plantear los objetivos y el mensaje de la exposición; para diseñar el todo y cada una de sus partes; para producir programas de apoyo y actividades complementarias, servicios; en resumen, para conceptualizar la experiencia y recrearla en su expresión museográfica.

3.3.2. El equipo de trabajo

La evolución de los museos ha requerido de una transformación en sus equipos de trabajo. Cuando los museos eran recintos en los cuales se conservaban objetos de valor para ser admirados y estudiados por un sector reducido de la población, el personaje central del equipo de trabajo era el curador, o sea el experto de la colección. El curador decidía el contenido de la exposición sin tomar en cuenta la opinión del público. Esta información era recibida por los realizadores que eran los encargados de presentar el material de una manera atractiva pero, bajo su propia interpretación y nuevamente sin tomar en cuenta al público.

El surgimiento de los museos interactivos en la década de los sesentas trajo consigo una explosión en el área educativa de los mismos debido al giro en sus objetivos. Este giro abrió un nuevo campo profesional con un número creciente de publicaciones en el tema, una formación profesional, asociaciones de especialistas y congresos (Hein, 1995)⁶⁵.

Aplicando el modelo de la experiencia interactiva, es claro que de acuerdo a esta nueva visión en cuanto a la metodología para hacer una exposición se requiere de un equipo multidisciplinario para poder cubrir los requisitos de cada uno de los contextos: personal, social y físico. De acuerdo a la clasificación de L. Roberts (1994)⁶⁶ se requieren tres tipos de expertos en el equipo de trabajo: los curadores o especialistas en el tema; los diseñadores o responsables del aspecto estético de la exposición y los educadores, que representan el vínculo entre los contenidos y el público. Grinell (1992), identifica cuatro ingredientes esenciales en el equipo de trabajo: a) el científico o experto en el tema, b) el comunicativo, los responsables de recrear el contenido en función del público, c) el técnico, formado por especialistas que pueden diseñar y desarrollar los diferentes elementos de la exposición y d) el estético, encargados de crear una exposición atractiva para el público. Aunque existen algunas diferencias en cuanto a los

⁶⁵ Hein, G. (1995). "Evaluating, Teaching and Learning in Museums". *Museums, Media and Message*. Edited by Eileen Hooper-Greenhill. Routledge. London, New York. pags. 189- 203.

⁶⁶ Roberts, L. (1994). "Education on Exhibit Teams: a New Role. a New Era. *Journal of Museum Education*. autumn, pags. 6-9.

integrantes del equipo de trabajo, lo que se refleja en ambas propuestas es la necesidad de un equipo multidisciplinario que pueda atender los diferentes contextos señalados en el modelo interactivo.

Desde mi punto de vista, existen otros requisitos para llevar el producto a buen término; el primero, como ya se mencionó, es que este equipo trabaje de manera acoplada con el propósito de crear un producto que refleje la integración y la interacción de los tres contextos. Esto implica que todos los involucrados deben tener un lenguaje común; conocer el proyecto y respetar un orden en el proceso de desarrollo de la exposición de acuerdo a las etapas propuestas por Screven (1990). Como señala Roberts, la colaboración entre todos los involucrados en este proceso creativo precisa un ejercicio de flexibilidad, respeto y una delimitación de la autoridad de cada sector, aunque la frontera entre uno y otro sea difusa. Es altamente recomendable que este equipo cuente con un coordinador o líder del proyecto con experiencia en comunicación de la ciencia y conocimiento de las limitaciones y potencialidades de cada uno de los sectores involucrados y de los recursos con que se cuenta.

Hasta aquí se ha hablado del proceso creativo; sin embargo, el mensaje de una exposición no termina ahí, sino con el público, por lo cual es importante involucrar a otros sectores con el fin de que exista concordancia entre lo que se planeó y lo que recibe el visitante. Los otros sectores son: a) los que operan el museo, los responsables de la atención al público y todos los que entran en contacto directo con el mismo, b) el personal administrativo, con el fin de que puedan dar el apoyo adecuado, c) los responsables de la difusión de la exposición y las actividades complementarias y d) el sector comercial, encargados de mercadear el producto.

Es conveniente subrayar que el mercadeo de un producto cultural, como un museo, no implica necesariamente una ganancia financiera, pero sí cultural, educativa o recreativa (Hooper-Greenhill, 1995), la cual no es fácilmente medible.

Regresando al proceso creativo, el educador (en la clasificación de Roberts) o comunicador (en la clasificación de Grinell), tiene la tarea de establecer el vínculo entre el contenido de la exposición y el público. Este especialista en comunicación como señala Roberts debe tomar en cuenta las características del público (mencionadas anteriormente), cómo la gente aprende, sus necesidades y la relación entre lo que el museo puede ofrecer y otras instituciones, incluyendo las educativas. Es conveniente que conozca el currículum escolar o el programa oficial con el fin de ver en qué medida puede complementarlo. Aunque el contenido es responsabilidad del experto en el tema, el especialista en comunicación o educación en museos debe tener un conocimiento básico del tema. Este conocimiento le servirá para comunicarse con el experto y con sus colegas realizadores y al mismo tiempo entender las dificultades del público para comprender los conceptos o las ideas que se transmitirán.

Con el fin de evitar problemas de interpretación en lo que se transmite, ya sea al interior del mismo equipo realizador o posteriormente con el usuario, es

muy recomendable llevar a cabo el análisis previo del público meta que se establece en la etapa de planeación en el modelo de Screven.

Recientemente se están incluyendo otros elementos en el equipo de trabajo. Están los especialistas en el tema o alguna técnica particular, los artistas que pueden utilizar el arte para explicar un concepto y por último, representantes del público. En cuanto al público, puede que se le incluya simplemente a nivel de las opiniones vertidas durante la evaluación (en cualquiera de sus etapas) o bien visitantes potenciales, con menor o mayor experiencia que están presentes a lo largo de todo el proceso aportando sus puntos de vista.

3.3.3. La etapa de planeación de la experiencia interactiva

3.3.3.1. *Las etapas de desarrollo de la exposición*

La creación de la experiencia interactiva requiere que el proyecto se desarrolle por etapas claramente distinguibles, con productos y resultados parciales evaluables con el fin de ir delineando la evolución del mismo. Las etapas de desarrollo de esta experiencia son las que propone Chan Screven (1990) y ya fueron esbozadas en el capítulo I de este trabajo.

En la etapa de planeación de una exposición se deciden aspectos como: los temas, el público meta, los objetivos y el mensaje de la exposición. Para iniciar este proceso, se debe visualizar la experiencia completa, la cual incluye la experiencia previa de los visitantes, la conjunción de la previa y la que se vivirá en el museo y la posible reflexión posterior (Falk y Dierking, 1992). Todo lo que se planea ofrecer desde los equipamientos mismos, las actividades, la información disponible, los servicios y la relación con el personal del propio museo deben conjuntarse en esta visualización para enviar el mismo mensaje.

3.3.3.2 *La definición del tema, los objetivos, el mensaje y el público meta*

Por lo general la definición del tema depende de factores como: intereses particulares de los responsables del proyecto, un tema de moda o de actualidad o inquietudes de un sector amplio de la población. Por ejemplo, el museo puede reflejar ciertas características locales como son: los recursos naturales de la zona, la industria predominante o la investigación que se desarrolla en la región. En cuanto a temas de interés de la población, éstos pueden estar relacionados con problemas de salud, como epidemias, el SIDA o asuntos preocupantes como la erupción de un volcán cercano. Los objetivos dependerán de lo que se espera que se lleve el público meta. Uno de los retos en la definición del tema es encontrar un equilibrio entre lo que el visitante quiere saber y lo que el museo quiere que sepa.

Otro aspecto fundamental que debe ser considerado al planear una exposición o un museo es el público que lo visitará, el cual dependerá por un lado del tipo de museo o exposición y por el otro, de las características de la población en la vecindad del mismo. Cabe diferenciar entre los términos público potencial,

público meta y público real de acuerdo a las definiciones de R. Miles (1986). El público potencial corresponde al sector de la población que podría visitar el museo debido a que vive relativamente cerca del mismo. El público meta es el que se tiene en mente cuando se planea una exposición, en este caso tiene características específicas en relación a su rango de edades, nivel educativo y ubicación socio-económica. El público real es, como su nombre lo indica, el que visita la exposición. Difícilmente coinciden estos tres públicos y más bien se podría hablar de una intersección entre ellos. Por lo tanto es recomendable diseñar equipamientos o planear actividades que sean atractivos para un público más amplio que el público meta. El concepto de público meta es importante porque el análisis previo que se haga se centrará en éste.

El propósito del análisis previo es conocer al futuro visitante en muy diversos aspectos como: sus intereses en relación al tema a desarrollar, lo que sabe de éste, cómo ha estructurado este conocimiento, el origen de las ideas, que dificultades de interpretación tendrá y sus diferentes preferencias para acercarse al objeto de conocimiento.

También es importante tomar en cuenta los diferentes estilos de aprendizaje que puedan existir con el fin de diseñar, en la medida de lo posible, algo para todos. Toda la información que se obtiene de este tipo de estudios nos ayuda a determinar qué se dice del tema, que no se dice y cómo decirlo.

3.3.3.3 Análisis de las ideas previas

Como se comentó en la sección 2.4.3 las ideas previas y los esquemas alternativos no son necesariamente las respuestas espontáneas que surgen cuando se entrevista a los sujetos. Pueden ser también puntos de vista de sentido común, ampliamente compartidos y persistentes. Descubrir cómo se originaron estas ideas y cómo se encuentran estructuradas, nos permite saber cuál será la base de interpretación de los visitantes. Cuando éstas no coinciden con las explicaciones científicas, el poder analizar las "fuentes de error" nos auxilia en la tarea de no cometer los mismos errores en la transmisión del mensaje. Las "fuentes de error" como se señala en la sección 2.4.3.1 pueden ser múltiples; a continuación se describen brevemente algunas de estas:

a) Las experiencias y observaciones de la vida diaria. Éstas, como ya se vio, muchas veces parecen contradecir las explicaciones científicas.

b) La escuela. Puede existir una mala comunicación entre el maestro y el alumno, posiblemente porque las explicaciones del maestro se presentan en un nivel que no es accesible para el alumno (como se vio en la sección 2.3). Lo mismo puede ocurrir con los libros de texto, por ejemplo pueden presentar conceptos que requieran que el lector tenga una lógica formal, cuando aún se encuentra en la etapa de concreta. El resultado será o bien una interpretación equivocada con respecto a la académica o simplemente ideas memorizadas pero que no han sido elaboradas por el sujeto.

c) El uso del lenguaje. Existen muchas palabras de uso cotidiano, que tienen un significado científico muy específico y distinto en el contexto científico (ver sección 2.4.3). El visitante al leer un texto o al escuchar una explicación en los cuales se utilicen estos términos científicos puede interpretar el mensaje con base en el significado común de estas palabras, llegando a conclusiones que no estaban planeadas.

d) Problemas de escala. DeBuvitz (1990) comenta que la frase "una imagen vale más que mil palabras" se aplica también a diagramas. Desgraciadamente, señala este autor, esto es cierto en el sentido positivo pero también negativo. Un diagrama incorrecto o que no está a escala puede hacer más daño que mil palabras. Dibujar a escala un esquema del sistema solar es imposible dentro de un salón de clases y todavía más en un libro de texto. El mensaje que reciben los alumnos es que la distancia entre estos objetos celestes es mucho menor de lo que es en realidad. Lo mismo ocurre con la excentricidad de la órbita terrestre. Generalmente se exagera esta excentricidad por claridad y las personas se quedan con la idea de que la órbita de la tierra alrededor del sol es una elipse muy alargada, cuando en realidad es casi circular. Por esta razón muchas personas asocian el cambio de las estaciones del año con el alejamiento o acercamiento de la tierra al sol y no con la inclinación del eje terrestre.

e) El proceso de simplificación. Puede ocurrir que en el proceso de simplificación del discurso científico con el propósito de hacerlo más accesible a un receptor no iniciado, se omitan ciertos aspectos de las explicaciones científicas que son indispensables para entender el fenómeno. Por ejemplo, cuando se hace una representación gráfica del sistema sol - tierra - luna, éstos no están a escala en cuanto a el tamaño relativo entre ellos o las distancias que los separan. Tampoco se menciona que el plano de translación de la tierra alrededor del sol está inclinado 5° con respecto al plano de translación de la luna alrededor de la tierra. Esta inclinación, aparentemente insignificante a nuestra escala, no lo es en la escala astronómica. Debido a esta gran diferencia de tamaños entre la tierra y la luna, la enorme distancia que los separa y los 5° entre los dos planos de translación, al encontrarse la luna al lado contrario de la tierra con respecto al sol, la tierra no tapa la luz del sol y por lo tanto la luna se ve iluminada (luna llena). La tierra sólo tapa la luz del sol, produciéndose un eclipse de luna, cuando los tres astros se alinean, esto es cuando coinciden los planos de translación. Esta dificultad para presentar los objetos a escala y la omisión de información (la diferencia entre los dos planos de translación) llevan al receptor a dar la misma explicación para las fases de la luna y para los eclipses (Reynoso y Fierro, 1993)⁶⁷. Existe todavía otra omisión que complica la comprensión de estos dos fenómenos: tampoco se le dice al receptor que la posición del observador es fundamental. Es decir, estos dos fenómenos sólo son visibles de la manera que siempre los vemos cuando el observador está en la tierra, no fuera de ella.

⁶⁷ Reynoso, H. E. y E. Fierro H. (1994). "Alternative Frameworks Concerning Phases of the Moon and Eclipses and the Design of an Exhibition". *Theory, Research and Practice*. 1994 Visitor's Studies Conference. Raleigh, N.C., E.E.U.U.

Aunque esto parece obvio, no lo es tanto porque casi todo lo que aprendemos del sistema solar es como si lo viéramos desde el espacio exterior.

f) El refuerzo de la cultura. Como se mencionó en la sección (2.4.3), algunos grupos sociales tienen creencias y prácticas que no coinciden con las científicas y se puede encontrar en algunos visitantes una mezcla de este tipo de creencias con información académica.

3.3.3.4 Estilos de aprendizaje

Al observar a un conjunto de visitantes en un museo se pueden detectar no sólo diferencias en ciertas características, como edad, escolaridad y nivel socio-económico, sino también distintas conductas y maneras de acercarse o interactuar con los objetos. Se puede contemplar que algunos visitantes son expertos en visitar museos y otros se sienten perdidos en estos sitios; unos saben mucho de ciertos temas y otros muestran una gran ignorancia en los mismos; ciertos visitantes aprenden tocando, otros leyendo; existen fobias como a los reptiles o lugares cerrados; hay visitantes que sólo van si los llevan y otros disfrutan de ir solos; hay quienes buscan lo novedoso y otros lo conocido y seguro; en conclusión, cada visitante es diferente y vive la experiencia de una manera personal.

Este tipo de diferencias se pueden vislumbrar aun en grupos escolares, en los cuales se supondría que existe cierta homogeneidad. Gilbert y Priest (1997)⁶⁸ observaron que en un grupo escolar cada estudiante prestaba atención a diferentes equipamientos o a diferentes partes del mismo, lo que consideran que se debe a la manifestación de diferentes estilos de aprendizaje. En un mismo grupo escolar se puede encontrar una gran variedad de intereses y habilidades (Hawkins, 1992). Esta es una de las ventajas principales de un museo, que ofrece la posibilidad de un aprendizaje colectivo, rara vez explotado en el ámbito escolar. Cada integrante del grupo aporta algo diferente en función de su experiencia previa, sus habilidades, su estilo de aprendizaje y su tipo de inteligencia (como se verá más adelante). Así a través de la interacción social, cada uno apoya el aprendizaje del otro. Esto se aplica para grupos homogéneos, como los escolares y heterogéneos, como familias.

Hasta hace relativamente poco, la inteligencia se relacionaba con la habilidad verbal y lógico-matemática, discriminando a personas que poseían otro tipo de talentos, habilidades y destrezas (Hooper-Greenhill, 1996). Uno de los modelos más extendidos para describir este rango de inteligencias es el que desarrolló Gardner (Hooper-Greenhill, 1996 y Falk y Dierking, 1992). Gardner ofrece una visión más plural y distingue siete tipos de inteligencia: lingüística, lógica-matemática, espacial, musical, cinético corporal, interpersonal e intrapersonal.

a) La inteligencia lingüística es la habilidad para leer, escribir, usar palabras con precisión y la facilidad de expresión.

⁶⁸ Gilbert, J. y M. Priest. (1997). "Models and Discourse: A Primary School Science Class Visit to a Museum". *Science Education*. Vol. 81, John Wiley and Sons Inc., pags. 749-762.

b) La inteligencia lógica-matemática es la habilidad para conceptualizar, resolver problemas matemáticos y trabajar, en general, de manera lógica.

c) La inteligencia espacial es la habilidad para formar y usar modelos mentales del mundo espacial, implica buena memoria visual y la habilidad para interpretar imágenes como esquemas, gráficas, planos y mapas.

d) La inteligencia musical es la habilidad para interpretar y componer música, implica también gusto por la música y buena memoria musical.

e) La inteligencia cinética-corporal es la habilidad para usar el cuerpo, este tipo de inteligencia la poseen los deportistas.

f) La inteligencia interpersonal es la habilidad para entender a otros y colaborar. Las personas con este tipo de inteligencia gustan de socializar y les agradan los juegos colectivos.

g) La inteligencia intrapersonal es la habilidad de algunas personas para formar un modelo preciso de sí mismos, el cual utilizan para analizar todas sus acciones. A estas personas les gusta trabajar solas.

Según Gardner, todos poseemos algunas o todas estas inteligencias en mayor o menor grado. Generalmente la escuela se preocupa fundamentalmente por el desarrollo de dos de éstas: la verbal y la lógico-matemática y opina que debería ocuparse de estimular el desarrollo de todas. En el caso de los museos en la medida en que pueda ofrecer opciones para cada una de estas inteligencias será más exitoso y atraerá a un público más amplio. Hoy día, existen museos que están replanteando sus equipamientos y actividades en función de este modelo.

3.3.3.5 Recomendaciones para la planeación de la experiencia interactiva

1) Es indispensable que todos los involucrados en el proceso creativo entiendan perfectamente el mensaje que se quiere transmitir, para lo cual es fundamental que los siguientes puntos queden muy explícitos a lo largo de todo el proceso de desarrollo del proyecto: a) los objetivos y el mensaje de la exposición, b) el público meta y sus características y c) una comprensión, aunque sea superficial, del tema a desarrollar. Para satisfacer estas necesidades del equipo realizador se debe elaborar un documento base para desarrollar el proyecto. Este documento de trabajo debe contener los puntos a y b, materiales escritos y gráficos para apoyar el punto c y una propuesta museológica para desarrollar el tema. Un ingrediente adicional en este documento podría ser una descripción de las características del público meta, su conocimiento previo del tema, sus principales dificultades para entender los conceptos y sugerencias para evitar los posibles problemas de interpretación. No hay que olvidar que es muy factible que los integrantes del equipo de trabajo tengan las mismas dificultades para entender el tema que los visitantes. Este documento base deberá ser elaborado en conjunto por los asesores científicos y los expertos en comunicación o educación en museos. De esta manera se unifican criterios, se garantiza que los contenidos sean correctos y que sean expresados en función del público meta.

Es altamente recomendable que en la primera reunión de trabajo con todo el grupo realizador, los expertos en el tema hagan una presentación del mismo a

los demás integrantes del equipo. Esta presentación debe ser a nivel de divulgación y tiene una doble finalidad: por un lado el equipo realizador, al entender mejor el tema podrá hacer propuestas más acertadas y por el otro el científico podrá vislumbrar cómo este tema será recibido por el público. A muchos científicos les cuesta trabajo aceptar que las personas tienen ideas preconcebidas que no coinciden con las científicas (Borum, et. al., 1993). El contar con los resultados del análisis previo del público y las sugerencias para apoyar la comprensión del tema, facilita esta tarea. Por un lado, se sensibiliza a los asesores científicos en cuanto a las necesidades del público y cómo este interpretará el mensaje y por el otro el equipo realizador contará con más elementos para el diseño de sus propuestas.

2) Incluir algo para todos. Una exposición debe caracterizarse por el uso de varios medios con el propósito no sólo de elegir el más apropiado para explicar un concepto dado y anticipar una experiencia más completa involucrando todos los sentidos, sino también para satisfacer un amplio espectro de niveles de comprensión, habilidades, estilos de aprendizaje e inteligencias. Una de las ventajas que tiene un museo sobre el ámbito formal es la posibilidad de usar objetos reales o modelos tridimensionales, lo cual le permite al visitante relacionarse con los mismos a un nivel más concreto.

3) En la medida de lo posible presentar la misma idea o concepto en diferentes contextos, por ejemplo mostrar el mismo concepto bajo la óptica de distintas disciplinas, mostrando aplicaciones más cercanas a la experiencia cotidiana (Resnick, 1992). Se debe utilizar el recurso de asociar lo que se presenta con la realidad del visitante con mucha cautela para evitar caer en un "visión antropocéntrica" del mundo, es decir que todo gira en torno al ser humano. Un ejemplo sería poner demasiado énfasis en los beneficios de la fotosíntesis para nuestra especie y no resaltar que es esencial para la vida (en todas sus formas) en el planeta (Guerra y Reynoso, 1994)⁶⁹.

4) En cuanto al contenido, se sugiere partir de lo conocido a lo desconocido, buscando cuando es posible la referencia con lo cotidiano con las debidas precauciones.

5) En cuanto a textos existen varias recomendaciones:

- Utilizar explicaciones concretas y tratar de evitar las abstractas. Los visitantes buscan información más concreta que responda a preguntas como ¿qué es?, ¿para que sirve?

- Presentar la información de manera segmentada y no como un texto sin interrupción. Los expertos sugieren no más de siete pedazos de información en una cédula (Hooper-Greenhill, 1996).

- Preferir el uso de gráficos en vez de texto, o intentar que los textos estén apoyados por ilustraciones.

6) Evaluar el material antes de pasar a la siguiente etapa del proceso, ya sea para su modificación o ratificación, de acuerdo a los planteamientos de Chan Screven (1992).

⁶⁹ Guerra, M. y E. Reynoso H. (1994). " Alternative Frameworks Concerning Photosynthesis". *Theory, Research and Practice*. 1994 Visitor's Studies Conference. Raleigh, N.C., E.E.U.U.

7) Utilizar los resultados del análisis previo del público. Como ya se ha comentado, el análisis previo del público nos permite detectar, entre otros aspectos, cómo los visitantes "entienden" los fenómenos para poder compararlos con el punto de vista del experto, que sería el estado final del conocimiento. Borum, Massey y Lutter (1993) consideran que si no existe un abismo demasiado grande o una diferencia esencial en la manera de estructurar las ideas entre el no iniciado y el experto, entonces se puede proceder a una explicación de la manera tradicional. Si esta coincidencia es parcial, entonces se recomienda detectar las áreas de desacuerdo para crear puentes entre la visión del no-iniciado y el estado final de conocimiento deseado. Si los visitantes presentan esquemas estructurados pero diferentes a los de los expertos, entonces sugieren que se le debe hacer ver al visitante cuáles son sus errores o limitaciones. Al enfrentar al visitante a sus errores, se le abren las puertas para aceptar nuevas ideas. Resulta más efectivo enseñar por qué la idea que tienen está equivocada, que simplemente proporcionar la respuesta correcta (enfoque tradicional). Por ejemplo, comentan estos investigadores que es más efectivo decirles a las personas "esto no es la gravedad" a que "esto es la gravedad". El cambio producido no será necesariamente duradero o definitivo, por lo cual éste debe ser reforzado. Este es un buen punto para la colaboración entre el museo y la escuela, uno con experiencias más concretas y el otro con una estructuración más a nivel conceptual

3.3.4 El diseño y la construcción de la exposición

Como se vio en el capítulo 1, durante la etapa de diseño de una exposición se debe llevar a cabo la evaluación formativa. El propósito de este tipo de evaluación es anticipar los errores de diseño de los equipamientos ya sea de tipo conceptual, comunicativo, técnico o estético antes de pasar a la construcción de la versión definitiva. La etapa de diseño se debe iniciar con un proyecto claramente definido en cuanto al contenido, los objetivos, el mensaje, la determinación del público meta y un guión museográfico con cada uno de sus componentes descritos con la suficiente precisión como para proceder a la elaboración de prototipos. En esta propuesta se debe incluir una planta museográfica en la cual se le designa un lugar para cada equipamiento tomando en cuenta las características particulares del recinto en donde será montada la exposición. Al esbozar los primeros diseños se deben considerar los resultados del análisis previo y las recomendaciones para una adecuada comunicación del mensaje. El diseño de cada elemento debe basarse no sólo en los objetivos conceptuales sino también los aspectos relacionados con lo afectivo y el desarrollo psicomotor de los futuros usuarios.

Es importante tener presentes los tres contextos de la experiencia que se está diseñando. La información sobre el contexto personal será proporcionado por el análisis previo. En cuanto al contexto social, se deben diseñar equipamientos o pensar en actividades que faciliten esta interacción o incluir en el diseño mismo la posibilidad de que exista un anfitrión o demostrador cuando se

requiera. Por último, el contexto físico nos indica que no sólo es importante crear un ambiente agradable para que la experiencia sea positiva, con consideraciones de carácter técnico (circulación, estado del inmueble, reglamentos de construcción, instalación eléctrica e hidráulica, etcétera), en donde funcionen los equipamientos, sino que también cada una de las componentes debe tener una ubicación que permita una interacción adecuada.

Se debe tener presente que la futura exposición seguramente no será visitada en un orden estricto, a menos de que la museografía sea tal que no le permita otra opción al visitante, por lo cual cada equipamiento debe ser autocontenido y el mensaje final no debe depender del orden en que fue visitada la exposición. Una forma de inducir a que siga una ruta determinada es mediante la visita guiada.

El Philadelphia-Camden Informal Science Education Collaborative (PISEC) (Dristas, Borum y Johnson, 1998), realizó un estudio sobre el aprendizaje de familias en sitios de enseñanza no-formal y determinó ciertas características de diseño de los equipamientos que facilitan esta actividad, las cuales, con algunas modificaciones también son aplicables a grupos escolares. Éstas son las siguientes:

- Multilados: para que un grupo pueda reunirse alrededor del equipamiento
- Multi-usuario: que pueda ser utilizado por varias personas simultáneamente
- Multi-modal: adecuado para diferentes niveles y diferentes estilos de aprendizaje
- Los textos y cédulas deben ser de fácil lectura. Éstos deben colocarse a una altura adecuada para que los pueda leer un adulto. El lenguaje debe ser claro y directo y referirse a los objetos invitando a la interacción y al mismo tiempo a que vean otros equipamientos para ampliar la información.
- Relevante: proveer conexiones entre el conocimiento previo y la experiencia del visitante

Todas las características mencionadas son adecuadas para grupos escolares también, si se efectúan ciertas modificaciones. Por ejemplo, cuando un equipamiento tiene piezas demasiado frágiles para el rudo uso escolar se sugiere:

- a) diseñar para uso rudo (Desde mi punto de vista este es un requisito indispensable en cualquier museo).
- b) contar con el apoyo de un anfitrión para las demostraciones o simplemente para ayudar al visitante a que maneje el equipo adecuadamente (considero que contar con anfitriones capacitados ubicados en punto estratégicos de la exposición o sala, siempre es bueno, no sólo para que vigilen que los equipamientos y materiales sea utilizados de manera correcta, sino también para que ayuden al visitante a tener una experiencia más enriquecedora: apoyando la comprensión, aportando información complementaria y adaptando el mensaje al nivel del usuario).
- c) Restringir el uso de equipamientos delicados a grupos pequeños bajo vigilancia y con la ayuda de un anfitrión.
- d) Es recomendable ofrecer información adicional disponible en la sala de

de manera que no contamine visualmente la exposición. Una solución es utilizar cartones clasificados por temas colocados en un recipiente cercano a los equipamientos con que se relacionan. También se podrían tener cédulas que se levantan con más información abajo, tal vez estas podría ser una especie de carpeta en la cual cada hoja corresponde a un nivel de mayor profundidad.

- e) Siempre es útil contar con materiales impresos de apoyo, como folletos, carteles, notas y libros. Estos materiales debe satisfacer diferentes necesidades de distintos públicos. Por ejemplo se podrían elaborar varios folletos, uno con información general, otro para niños pequeños tal vez con sugerencias de actividades complementarias y otro para estudiantes relacionando lo que vieron en el museo con el plan de estudios.

La evaluación formativa que se debe llevar a cabo durante la fase de diseño del proyecto es sumamente valiosa. Como ya se mencionó se inicia con prototipos ó equipamiento provisionales, elaborados con materiales de bajo costo. Este prototipo debe ser expuesto a un grupo de público real o a personal del museo, no involucrado en el proceso creativo. Lo que interesa en este caso es saber qué es lo que está comunicando el equipamiento y cómo se utiliza, con el fin de incorporar las modificaciones pertinentes. La nueva versión del equipamiento se debe exponer a la crítica de nuevo y así sucesivamente hasta llegar a la versión final. Una vez terminados todos los elementos de una exposición, se pasa a la etapa de montaje de la misma y finalmente a la etapa de ocupación, esto es cuando se abre al público.

3.3.5 La etapa de ocupación

3.3.5.1. *Características de la fase de ocupación*

Al abrirse la exposición al público, se inicia la etapa de ocupación y la evaluación que se efectúa en esta fase recibe el nombre de sumaria. Se analiza la exposición como un todo y el impacto que produce en el público. En esta etapa se pueden observar ciertos factores que no se podían tomar en cuenta cuando la exposición era evaluada por partes. Algunos de estos factores son: el recinto mismo, la ubicación de los objetos, la circulación, la ventilación, el efecto de las multitudes, el ruido, la fatiga, las interacciones sociales, la atención que recibe el visitante y los materiales de apoyo.

Factores como los mencionados influyen, a veces negativamente, en el potencial comunicativo de la exposición y de cada una de sus componentes. Otro factor determinante es el plan de visita del visitante, es decir las motivaciones que tiene para ir al museo y si hizo o no algún tipo de preparación. Falk (1998) establece seis categorías para visitar un museo: a) como actividad recreativa o de tiempo libre; b) educativas: para aprender algo en específico o en general, c) ciclo de vida: visitar museos es considerado como algo que se debe hacer a cierta

edad, razón por la cual los padres llevan a sus hijos; d) evento social, ya sea familiar o con amigos; e) diversión ; f) por razones prácticas como el clima y la cercanía. Se podría pensar que en el caso de un grupo escolar sus razones para visitar un museo son exclusivamente educativas; sin embargo, estos objetivos son más bien de los maestros y no necesariamente de los alumnos, por lo cual se deben considerar las otras categorías también. Además, no sólo cuando se visita el museo con los compañeros de la escuela existe la posibilidad de vivir una experiencia que pueda contribuir al proceso de aprendizaje. Como señala McManus (1987)⁷⁰ la visita a un museo es un evento social y la interacción social que sucede tiene un gran valor. Estudios realizados sobre el aprendizaje de familias revelaron que las motivaciones para aprender como resultado de la interacción entre sus integrantes tienen más peso que el contenido mismo de la exposición. Esto también es aplicable para grupos de pares, como puede ser el caso de un grupo escolar.

3.3.5.2.a) Diferentes públicos

La composición del público que visita los museos es heterogénea. Por ejemplo, UNIVERSUM desde su apertura ha recibido grupos escolares de instituciones públicas y privadas, estudiantes con intereses específicos, familias, agrupaciones deportivas, asociaciones de la tercera edad, grupos religiosos, instituciones gubernamentales, empresas privadas, turistas nacionales y visitantes extranjeros (Salgado, 1998)⁷¹.

Dado que la experiencia depende en parte del contexto personal y social, la conducta en relación al aprendizaje varía de acuerdo a las interacciones entre los acompañantes. Por ejemplo, la conducta en relación al aprendizaje entre un adulto y un niño es distinta a la que se da entre dos adultos. Algunas de las conductas observadas por McManus son las siguientes: en grupos compuestos por adultos y niños, generalmente es el adulto el que lee. Es común que interactúen con los aparatos sin leer las instrucciones, pues esta conducta es muy común en niños. En ocasiones leen las instrucciones después de la acción. En cuanto a la frecuencia de conversaciones al interior de los grupos, el primer lugar lo ocupan las familias, y el segundo, grupos de niños o jóvenes de la misma edad. Los grupos familiares son también los que pasan mayor tiempo en el museo.

Las personas solas sí leen los textos, pero el tiempo que pasan frente a los equipamientos es menor, y tampoco presentan una gran tendencia a interactuar. Para invitar a la interacción, incrementando así el potencial comunicativo del equipamiento, se sugiere que el texto haga referencia al equipamiento y los beneficios de la interacción.

⁷⁰ McManus, P. M. (1987). "It's the Company you Keep: the Social Determination of Learning-Related Behaviour in a Science Museum. *The International Journal of Museum Management and Curatorship*. Vol. 6, pags. 263-270.

⁷¹ Salgado, Arteaga. M. P. (1998). "Atención al Público". *Cómo hacer un Museo*. FCE, UNAM, México. D. F. pags. 124- 129.

Las personas que visitan el museo en pareja (no necesariamente de sexo opuesto) generalmente pasan más tiempo ante los equipamientos, leen y comentan lo que vieron.

En cuanto a grupos de niños de la misma edad, dado que su relación con el equipo es a un nivel más bien corporal, con poca lectura, se sugiere hacer cédulas muy atractivas y accesibles para estimular esta lectura o bien insistir en que vayan con un acompañante adulto, para que éste lea. Otra posibilidad sería tener anfitriones para auxiliar a los niños.

Es interesante analizar las diferencias y similitudes entre grupos familiares y grupos escolares, con el fin de encontrar cuáles son las conductas favorables o desfavorables al aprendizaje observadas y así contar con ciertos criterios para el diseño de los equipamientos o la realización de actividades.

3.3.5.2 b Las familias en los museos

Las familias constituyen un sector importante de visitantes a los museos. El grupo PISEC encontró que más de la mitad del público que visitaba sus museos se componía de familias y consideró que los resultados obtenidos de analizar sus experiencias serían de utilidad para los profesionales de los museos. Para comenzar, definieron a una familia como una unidad multigeneracional de visitantes integrada por no más de seis miembros con por lo menos un menor entre 5 y 10 años y un adulto de 19 años o más.

Como ya se ha mencionado, la experiencia museográfica es una experiencia social y esta interacción juega un papel decisivo. En el caso de una familia, existe la posibilidad de compartir lo que ven durante la visita, como todos los otros visitantes que van acompañados, pero la creación de recuerdos compartidos para una reflexión posterior adquiere un valor especial. Una observación interesante es que la información no sólo pasa de padres a hijos, sino de hijos a padres también. Generalmente es el adulto el que decide a dónde van a ir, pero es el niño el que decide el nivel de interactividad. Los grupos con niños tienden a quedarse más tiempo que los grupos sin niños y también tienen conversaciones más largas.

En cuanto al aprendizaje, esta información compartida ayuda a los sujetos a establecer más conexiones. Para medir este aprendizaje recurrieron a la observación y realizaron entrevistas antes, durante y después de la visita. En función del tipo de comportamiento y el grado de elaboración de sus respuestas, establecieron tres niveles de aprendizaje familiar:

Nivel 1 : - Respuestas breves

- Pocas asociaciones con los contenidos del equipamiento
- Establecimiento de conexiones que no fueron incluidas en el diseño

Nivel 2: - Conexiones correctas de acuerdo al mensaje intencionado

- Establecimiento de conexiones entre su experiencia personal y características visibles del equipamiento, no con conceptos

Nivel 3: - Afirmaciones correctas en relación a los conceptos expuestos

- Establecimiento de conexiones entre sus experiencias personales y los conceptos

Este nivel implica capacidad para la interpretación y la aplicación del material.

De una muestra de 129 familias, considerando las características correspondientes al nivel más alto, como la calificación para todo el grupo se encontró para el nivel 1 el 42% de la muestra, para el nivel 2 el 46 % y para el nivel 3 el 12%. En conclusión, las familias aprenden más bien la información concreta y visible.

3.3.5.2 c La experiencia de grupos

Como se mencionó en la sección anterior, muchos visitantes llegan al museo como parte de un grupo, por lo cual es particularmente interesante analizar su experiencia con el fin de tomar en cuenta estos resultados para la planeación y diseño de la misma. Una componente importante son los grupos escolares, sobre todo entre semana. Falk y Dierking (1992) consideran que preparar programas especiales para grupos diversos es una de las contribuciones más importantes a la educación del público. En éstos se debe tomar en cuenta que tanto el contenido como el nivel de comunicación sean los adecuados y que al mismo tiempo sean atractivos. En cuanto a grupos escolares, sugieren que se deben ofrecer muchas oportunidades para aprender, sobre todo en el terreno conceptual. Eileen Hooper-Greenhill (1996) menciona que una de las características del museo como ambiente de aprendizaje es que las jerarquías que existen en el aula no se mantienen en el museo. Algunos alumnos que tienen dificultad para aprender en la escuela pueden destacar en un museo debido a que pueden utilizar otros tipos de inteligencia, de acuerdo a la clasificación de Gardner, que no son necesariamente las más empleadas en la escuela. Sin embargo, también se debe tomar en cuenta que en el caso de los grupos, no siempre se van a llevar consigo todos los mensajes intencionados, por lo cual se deben establecer mecanismos para reforzar la experiencia del grupo, tanto dentro como fuera del museo, antes, durante y después de su visita. Los programas que funcionan bien para grupos deben caracterizarse por tener objetivos claros a lo largo de todo el proceso y que éstos sean no sólo de orden conceptual, sino afectivo y psicomotor también. Proponen los siguientes principios para organizar el trabajo tomando en cuenta la interacción de los tres contextos.

Contexto personal:

1. El plan de visita (razones para efectuar la visita y la motivación que tenga) va a influir en su comportamiento dentro del museo y en su aprendizaje. Por lo tanto, se debe ofrecer información previa a la visita en cuanto a lo que se puede ver, con sugerencias para un mejor aprendizaje. En el caso de visitantes

escolares, deben saber antes, durante y después qué es lo que van a hacer y cuál sería el propósito de la visita.

2. Los visitantes tienen diferentes estilos de aprendizaje y su experiencia previa influye en éste. Por lo tanto, deben ofrecerse diferentes formas para acercarse al conocimiento. Es recomendable establecer una buena comunicación con las escuelas en la programación y preparación de las visitas.

3. Cada integrante del grupo interpreta la información a su manera, generalmente de una manera más bien concreta. Por lo tanto, las ideas que no se pueden presentar en forma concreta debe ser evitadas. A continuación se presentarán algunas recomendaciones de acuerdo a la edad y nivel educativo tomando en cuenta el marco teórico del capítulo anterior.

Preescolar

En el caso de niños, sobre todo los de edad preescolar, se debe tomar en cuenta que sus habilidades de motricidad fina y gruesa son limitadas. Además, entienden las cosas textualmente, por lo cual no es recomendable utilizar metáforas para visitantes de esta edad. Sólo pueden manejar una variable a la vez, por ejemplo, no se les puede pedir que seleccionen algo con dos características. Las instrucciones deben ser simples y directas.

Primaria (primero y segundo)

Los niños de primero y segundo de primaria todavía piensan en términos muy concretos aunque ya pueden manejar varias variables, sucesiones y clasificaciones. Sus habilidades motrices todavía se están desarrollando, pero ya pueden hacer dibujos sencillos. También pueden entender instrucciones sencillas.

Primaria (tercero a sexto)

Los niños de la segunda mitad de la primaria, de tercero en adelante, ya pueden manejar varias variables, incluso hasta mentalmente, siempre y cuando estas variables tengan una relación con la realidad concreta. Sus habilidades ya están bastante desarrolladas. Se pueden expresar oralmente y por escrito con ciertas limitaciones.

Nivel medio y medio superior

A partir de los doce o trece años las personas ya tienen todas las facultades físicas e intelectuales de un adulto, pero no las emocionales. Su necesidad de socializar es muy grande. Se sugiere buscar la vinculación con sus experiencias anteriores. Se vuelven selectivos en lo que desean aprender, quieren saber para qué lo tienen que aprender y en qué los va a beneficiar saberlo, por lo cual también es importante mostrar la aplicación de los nuevos conocimientos.

Adultos

La misma recomendación que se hace para los adolescentes se aplica para los adultos. Se deben brindar las conexiones con sus experiencias previas y mostrar la utilidad de la información. Cuando se trabaja con grupos de adultos se debe facilitar la comunicación, permitiéndoles que den su opinión y que manifiesten sus intereses. Al crear este espacio para una comunicación más abierta, es posible que no se tengan todas las respuestas a las preguntas formuladas, por lo cual la mejor estrategia es reconocerlo y si es posible responder en otro momento o recurrir a otra persona que sí lo pueda hacer. Se les debe informar sobre qué pueden hacer y preguntarles cómo quieren trabajar: solos, en grupo y de cuánto tiempo disponen. Estas sugerencias son particularmente valiosas para el personal que entra en contacto con el público como anfitriones, guías o edecanes.

Contexto social

1. El primer punto es recordar que las visitas organizadas son un evento social (sin importar la composición del grupo). Por lo tanto, los programas que se diseñen deben permitir esta socialización. El aprendizaje colectivo que se da en una visita organizada es muy positivo. En el caso de estudiantes adolescentes, es conveniente darles un proyecto o un problema para que lo resuelvan en conjunto, lo cual les da una oportunidad de compartir sus ideas. No hay que perder de vista que aunque sea una visita grupal, habrá quienes prefieren aprender solos, por lo cual se debe permitir libertad para que lo hagan.

2. Se debe intentar personalizar la visita, aunque se trate de una visita grupal. Es decir, a cada visitante se le debe dar un lugar especial, tratándolo como un individuo. El contacto personal es tal vez el ingrediente más importante en una educación de calidad, afirman los investigadores Falk y Dierking.

3. Por lo general los líderes o responsables del grupo, deciden qué es lo que van hacer, sobre todo cuando se trata de una visita escolar. Sin embargo, la mayor parte del grupo quiere ver todo el museo. Se les puede programar la visita de tal manera que puedan ver una sección (la de su interés) a profundidad y lo demás a su propio ritmo.

4. Algunos visitantes pueden sentirse inseguros en un lugar extraño, por lo cual es necesario brindarles todo el apoyo para que se sientan bien, mediante materiales escritos de orientación y personal situado en diferentes lugares para ayudarlos. Las visitas programadas deben ser estructuradas pero flexibles.

5. En algunos museos los visitantes pueden sentirse saturados ante la gran cantidad de estímulos. Los niños, como consecuencia de la sobreestimulación, corren de un equipamiento a otro sin poder concentrarse en uno durante más de unos cuantos segundos. Para reducir esta ansiedad se recomienda informarles previamente sobre lo que van a ver (si es posible antes de ir al museo) y después

permitirles un lapso de 15 a 20 minutos para explorar a su ritmo y familiarizarse con el ambiente.

Sin importar cuál es la modalidad de visita, el museo ofrece una variedad de oportunidades para el aprendizaje. La comparación entre la experiencia familiar y la de grupos nos lleva a analizar los aspectos de uno y otro recomendables para enriquecer las experiencias. La visita familiar parece ser más adecuada para un aprendizaje significativo y duradero por la facilidad que se tiene de compartir experiencias y de construir recuerdos que también serán compartidos. Por lo tanto, es conveniente propiciar este tipo de comportamiento en grupos escolares. Griffin y Symington (1997)⁷² observaron que los grupos escolares siempre acaban rompiéndose en grupos más pequeños que se acompañan en toda la visita, hablan, discuten e incluso trabajan juntos. En mi opinión, es conveniente fortalecer este grupo que se hace de manera natural y tratar de que se asemeje a una unidad familiar, sobre todo en el caso de menores. Esto es que cada grupo esté acompañado por un adulto que oriente la discusión y ayude a resolver dudas. Estos grupos podrían estar formados previamente respetando, en la medida de lo posible, las preferencias de los alumnos, es decir, grupos de amigos. Cuando no se tengan suficientes adultos como para que uno acompañe a cada subgrupo, estos podrían pasar de un grupo a otro. Estos adultos no tienen que ser necesariamente maestros, podrían ser madres o padres de algunos de los alumnos, o tal vez estudiantes de grados superiores. La desventaja de contar con estos acompañantes adultos (tanto en la situación familiar como escolar) puede ser que tal vez no tengan la preparación adecuada para esta labor. En estos casos se podría solicitar el apoyo de un guía capacitado para adaptar el mensaje al nivel y las necesidades del público. En el caso de grupos escolares es muy fructífero trabajar con los maestros previamente en la planeación de sus visita. En la siguiente sección se analizará más a fondo esta relación entre el museo y la escuela.

3.3.5.2.d La experiencia interactiva en relación al género

Hasta ahora se ha visto que los museos proporcionan experiencias que son valiosas a nivel cognitivo y afectivo tanto para adultos como para niños. Lo que no se ha explorado es si esta experiencia es igual de valiosa para mujeres y niñas como para hombres y niños. A pesar de que los museos se proponen crear ambientes atractivos para un amplio rango de usuarios, la experiencia previa es determinante en la experiencia general, y esto incluye las limitaciones que cada persona tiene. Diamond (1994)⁷³ y Arámbula (1995)⁷⁴ señalan que los

⁷² Griffin, J. y D. Symington (1997). "Moving From Task-oriented to Learning-oriented Strategies on School Excursions to Museums". *Science Education*. John Wiley and Sons, Inc. Vol. 81, pags. 763-779.

⁷³ Diamond, J. (1994). "Sex Differences in Science Museums: a Review". *Curator*. Vol. 37, no. 1, pags. 17- 24.

⁷⁴ Arámbula, G. T. (1995). "Sex Differences in Science Museum Exhibit Attraction". *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 32, no. 9., pags. 925-938.

antecedentes en relación con la ciencia para hombres y mujeres son cualitativamente distintos tanto dentro como fuera del ámbito escolar, y estas diferencias se reflejan en el aprendizaje de la ciencia y las matemáticas y pueden tener efectos a largo plazo en cuanto a sus elecciones profesionales. La diferencia comienza desde la infancia por el tipo de juegos y juguetes. Los niños suelen tener más acceso a juguetes que apoyan el desarrollo de ciertas habilidades y estimulan la creatividad. También suelen tener más contacto con computadoras, aparatos y herramientas. En el aula, afirma Arámbula, es común que el trato favorezca a los estudiantes del sexo masculino, en el sentido de que reciben mayor retroalimentación por sus esfuerzos y más estímulos para desarrollar actividades científicas y tecnológicas. La imagen de la ciencia y la tecnología como actividades masculinas es reforzada en libros de texto, así como por padres, madres y maestros. Generalmente se espera más de los niños y de los alumnos varones en estas áreas.

Este tipo de antecedentes afecta la autoestima de los sujetos, por ejemplo las niñas confían menos en sus habilidades en el área de ciencias y matemáticas. Diamond considera que aun cuando estas diferencias no son intencionales, las condiciones iniciales entre estudiantes del sexo masculino y del femenino ya son tan marcadamente desiguales que se da la diferencia de género. El trato igualitario no lo es tanto cuando el punto de partida es distinto.

Tulley y Lucas (1991)⁷⁵ trataron de cuantificar esta diferencia en relación con la habilidad mecánica. Encontraron que los hombres superaron a las mujeres en el tiempo requerido para armar mecanismos cuando ambos lo hacían por primera vez. Este resultado se debe, consideran los autores, a que los hombres están más familiarizados con este tipo de experiencias. Sin embargo, al repetir la tarea, la diferencia en el tiempo empleado por hombres y mujeres disminuye considerablemente y llega a ser equivalente en muchos casos. La diferencia entre mujeres y hombres desaparece cuando realizan una tarea después de observar cómo la ejecuta una persona con más experiencia. Una observación interesante en este estudio fue que las estrategias que se suelen adoptar no son las mismas. Las mujeres invirtieron más tiempo para inspeccionar y pensar que los hombres. Éstos en cambio utilizaban una estrategia más de prueba y error. La conducta de ellas fue más reflexiva y analítica y la de ellos más impulsiva. El resultado fue que la primera vez efectúan una tarea de armado, las mujeres se tardan más, pero como ya se comentó, al repetir la actividad la diferencia en el tiempo entre unos y otras es despreciable.

Existe cierta disparidad entre los resultados obtenidos de estudios de género en ámbitos no formales como museos, los cuales pueden variar aun en la misma institución (Diamond, 1994). La explicación puede ser que el peso de todos los otros factores que intervienen en la experiencia es igual o mayor que los factores relacionados con el género. Sin embargo, parece que si existe cierta coincidencia en algunos rubros específicos en los estudios mencionados los cuales se reportan a continuación:

⁷⁵ Tulley, A. y A.M. Lucas. (1991). "Interacting with a Science Museum Exhibit: Vicarious and Direct Experience and Subsequent Understanding". *International Journal of Science Education*. Vol. 13, no. 5, pags. 533-542.

a) Existe una relación entre el género y la preferencia por ciertos temas. Las niñas y las adolescentes muestran mayor interés por las ciencias biológicas y todo lo relacionado con los seres vivos. Los niños y los jóvenes manifiestan mayor interés por las ciencias físicas.

b) Existe una relación entre el género y la preferencia por el tipo de equipamientos. El sexo masculino prefiere los equipos interactivos y el femenino prefiere equipamientos en donde se requiere analizar un problema como los rompecabezas. También se ha observado que los varones emplean más las computadoras.

c) En cuanto a cómo utilizan su tiempo hombres y mujeres en el museo, se encontró que los hombres tienden a ver más equipamientos a menos profundidad que las mujeres. Ellos cubren más territorio y ellas dedican más tiempo a cada objeto.

d) Las diferencias más destacadas en relación al género tienen que ver con las conductas observadas dentro del museo:

- Al trabajar en equipo, la actitud de los niños y jóvenes es más bien competitiva y la de las niñas y las jóvenes es más de colaboración.

- Los varones son más dados a monopolizar equipamientos que les interesan. Cuando una niña está utilizando un equipamiento que le interesa a un niño, es común que éste la presione para que termine. Las niñas optan por irse a los equipamientos que están libres, en vez de presionar a los niños para que las dejen utilizar algún aparato. Esta conducta, comenta T. Arámbula, puede explicar por qué se observa a más varones que mujeres usando las computadoras, puesto que éstas no admiten más de uno o dos usuarios a la vez.

- Otra observación interesante radica en la conducta entre madres y padres y la relación que establecen con hijas e hijos. Es común que los padres presten más atención a sus hijos varones. Los padres e hijos varones suelen tomar la iniciativa en cuanto a qué ver y a qué ritmo, las madres e hijas se adaptan a estas decisiones. Las madres presentan una relación más verbal con sus hijas e hijos y asumen más el rol de maestras explicando y comentando lo que ven. El estudio realizado por el grupo PISEC, sobre el comportamiento de familias en los museos, reporta que los indicadores más elevados de aprendizaje significativo se registran para las mujeres adultas en comparación con los hombres o los niños. Interpretan este resultado como que las mujeres son líderes de aprendizaje y que en las familias funcionan como facilitadoras de éste.

En este estudio encontraron que los juegos son disfrutados por todos, sin distinción de género.

Una conclusión interesante del estudio que realizó T. Arámbula es que es más marcada la preferencia por el tipo de equipamiento que por el tema. En el caso de los hombres el gusto por competir parece ser de lo más importante. Observó que los visitantes de sexo masculino no estaban dispuestos a invertir mucho tiempo en la resolución de problemas que requerían más atención, en cambio las mujeres sí.

Ramey-Gassert (1994) afirma que en un ambiente no evaluatorio, como el de un museo, es particularmente beneficioso para las estudiantes, porque en este

se eliminan las normas sociales y las expectativas que imperan en un salón de clases

De estos estudios se desprenden algunas sugerencias para evitar reproducir situaciones no equitativas en cuanto al género.

a) Se requieren más estudios para determinar las preferencias en cuanto a temas, equipamientos y el impacto que producen. Este tipo de análisis permitiría planear exposiciones atractivas y beneficiosas para todo público, independientemente del género. Se podrían combinar elementos que tienen que ver con los gustos y las inclinaciones de ambos sexos en cuanto a temas, actividades a realizar y tipo de aprendizaje (competitivo o cooperativo). Lo anterior incluye muchas de las sugerencias que ya se ofrecieron para familias y grupos. Se podrían combinar los temas que atraen más al sexo masculino con el tipo de actividades preferidos por el sexo femenino, por ejemplo usar juegos cooperativos (no competitivos) para ciencias físicas. La resolución de problemas en grupos pequeños estructurados de tal manera que estimulen una actitud cooperativa y que requieran mantener la atención más tiempo, podría ser una manera de aprovechar las ventajas de aprendizaje de ambos sexos, creando una experiencia en condiciones más igualitarias. Es conveniente que alguien con más experiencia, un anfitrión, un maestro o una maestra muestren los métodos más útiles para resolver los problemas, para eliminar las diferencias iniciales como consecuencia de la experiencia previa y obtener una respuesta más homogénea.

b) En un museo, al igual que en un salón de clases o en un laboratorio, es recomendable que una persona con más autoridad (maestros, anfitriones, madres o padres) vigilen que todos tengan acceso a las mismas actividades. En cuanto al uso de las computadoras, si no se pueden proporcionar más, es preferible limitar este recurso y buscar soluciones que permitan la intervención de varios usuarios al mismo tiempo.

c) Las niñas y las jóvenes se verían beneficiadas en cuanto a su actitud e interés hacia la ciencia y la confianza en sí mismas, si tuvieran contacto con científicas o figuras femeninas en este campo con quien identificarse. Por ejemplo, en el museo podría haber más guías y conferencistas mujeres.

3.3.5.2e La evaluación remedial

Como se vio en el capítulo I, la función de esta evaluación es detectar las fallas que hayan surgido de la etapa de ocupación. Si las etapas anteriores se llevaron a cabo adecuadamente con su correspondiente evaluación, las fallas que se encuentren deben ser mínimas y corresponderán fundamentalmente a características de la exposición como un todo y la interacción con los distintos públicos. Lo anterior se debe a que hasta este momento se había analizado cada componente de la exposición por separado y no se conocía el resultado del conjunto. En el capítulo I se comenta el tipo de soluciones que pueden surgir como resultado de esta evaluación. Solo falta subrayar la conveniencia de tomar en cuenta la heterogeneidad del público, el hecho de que las personas pueden visitar el museo solos o acompañados, y las necesidades de los grupos.

3.4 LA RELACIÓN MUSEO-ESCUELA

3.4.1 Ventajas de una visita escolar

En los últimos años ha habido un incremento notable de visitas escolares a los museos, sobre todo a los de ciencia y tecnología (Gilbert and Priest, 1997). Ya se mencionaron las características de los museos como ambientes propicios para el aprendizaje, por lo cual este inciso se limitará a examinar la relación entre la escuela y el museo y cómo explotar adecuadamente los recursos que ofrece el museo para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje. La colaboración entre las escuelas y los museos sirve para incrementar las oportunidades para aprender ciencia tanto para los maestros como para los alumnos y abre una avenida para la investigación educativa. Ramey-Gassert (1994) considera que el aprendizaje significativo requiere dos fases: una de *hands-on* o de "meter las manos", que corresponde a una fase activa de motivación en la cual se despierta la curiosidad y otra de *minds-on* o de "meter la mente" que es una fase más silenciosa y contemplativa. La primera puede ocurrir en un museo, en donde el sujeto vive experiencias, muchas veces únicas, para una reflexión posterior. La etapa contemplativa se da más bien en un ambiente tranquilo, como la escuela, en el cual se puede estructurar las ideas a nivel conceptual. La fase activa no es exclusiva de un ambiente no-formal como tampoco la contemplativa lo es de uno formal. Las dos fases son necesarias y no se presentan obligatoriamente en ese orden. El tiempo que transcurre entre una y otra puede ser muy corto o muy largo dependiendo de las características propias del sujeto, sus intenciones y la experiencia misma.

Es importante no perder de vista que el proceso de construcción del conocimiento depende no sólo de las características particulares del individuo sino también de la interacción de éste con el mundo natural y social en que está inmerso y que por lo tanto estas dos fases continuamente se están retroalimentando.

Para que el aprendizaje en un ambiente no-formal sea efectivo se requiere de una planeación cuidadosa por parte del maestro y un diseño apropiado por parte del museo. Esto significa integrar la experiencia del museo al currículum escolar, hacer un diagnóstico previo de los alumnos (por ambas partes) y el desarrollo de actividades posteriores de reforzamiento.

3.4.2 La planeación de la visita

Los razones que dan los maestros para llevar a sus alumnos a un museo son diversas, y se podrían clasificar dentro de las siguientes categorías: a) la motivación hacia algún tema en específico o la ciencia en general, b) tener acceso a objetos o materiales que no hay en la escuela y c) la oportunidad para que el alumno tenga experiencias novedosas (Grinell, 1992). Independientemente de cuál sea esta razón, lo que sí queda claro es que la experiencia contribuye al

aprendizaje. El tipo de aprendizaje dependerá del tipo de visita que se haga. Cuando una visita está muy estructurada se obtienen mejores resultados a nivel cognitivo. En cambio, cuando es más libre, ésta tiene un impacto más a nivel emocional y de actitudes (Falk y Dierking, 1992). Diversos estudios muestran la importancia de preparar la visita (Falk y Dierking, 1992 y Griffin y Symington, 1997) en tres áreas:

- a) el área cognitiva, sobre el contenido de lo que van a ver,
- b) el área de habilidades, esto es cómo utilizar los recursos del museo y
- c) conocimiento del lugar mismo.

En cuanto al contenido, lo óptimo es que lo que van a ver en el museo tenga relación con algún tema de la clase, por lo cual el mejor momento para programar su visita es justamente cuando están viendo ese tema. Esta visita puede ser en diferentes momentos, al inicio como introducción al tema; como complemento, esto es para realizar algún experimento o cualquier otra actividad que no puedan realizar en la escuela por problemas de infraestructura o para reforzar alguna idea, o conceptos que requieran de una experiencia más concreta. También es útil para ver un tema de actualidad o de moda que no esté incluido en el programa de estudios. Cualquiera que sea el caso, siempre es conveniente que los alumnos tengan una información previa sobre lo que van a ver en el museo para que puedan sacar más provecho de la información que proporciona el mismo.

En cuanto a habilidades, es importante preparar a los alumnos para el uso de los recursos en un ambiente no-formal. Es importante que el maestro no trate de imponer estrategias propias de un ambiente formal y que aproveche la oportunidad para acudir a diferentes tipos de inteligencia y diferentes estilos de aprendizaje. El abordaje utilizado debe estar más bien centrado en el alumno y no en el maestro. Se les debe motivar a que busquen la información que les interesa sobre el tema, a su ritmo y no obligarlos a llevar a cabo una actividad rigurosa como llenar un cuestionario. Esto incluye el copiado de textos, que desde mi punto de vista se les debería impedir a los alumnos, por lo cual habría que insistir en esto con los maestros. Muchas veces cuando los alumnos copian los textos que están en el museo con el fin de elaborar un reporte obligatorio, están tan absortos en terminar la tarea lo más rápido posible que ni siguiera ven los objetos referidos en el texto. Otra de las grandes ventajas de un ambiente no-formal es la posibilidad del aprendizaje colectivo, por lo cual se sugiere invitarlos a que visiten el museo en grupos pequeños y que trabajen en equipo. Es conveniente recordar que la mayoría de los alumnos no están habituados a un ambiente no-formal y que necesitan un tiempo para adaptarse. Esto incluye un periodo inicial de ubicación y un decrecimiento gradual en el tiempo invertido en cada equipamiento.

Por último, es importante que los alumnos sepan previamente ciertos aspectos de orden práctico en relación a su visita: a dónde van a ir, cómo van a llegar, qué van a hacer, a dónde van a comer y qué pueden comprar. El tener esta

información previamente les ayuda a sentirse más relajados y a concentrarse mejor en su objetivo. También es recomendable un periodo de orientación para evitar que distraigan su atención en aspectos menos relevantes como la ubicación de ciertas salas u objetos.

Si se prepara la visita en los tres aspectos mencionados, con toda seguridad el aprendizaje será mayor. Griffin y Symington (1997) tras analizar el impacto producido en una muestra de 735 estudiantes (30 grupos entre 5º y 10º) con un abordaje formal encontraron que:

a) los maestros utilizaban las mismas estrategias de aprendizaje y enseñanza que las de una escuela tradicional

b) los alumnos tenían una tarea específica que realizar (como llenar un cuestionario) la cual hacían a pie, sin poder descansar y sin la posibilidad de desviarse de la misma para visitar otras secciones de su interés.

c) a los estudiantes no les gustaban las hojas de trabajo, las cuales encontraban aburridas y restrictivas, preferían mayor libertad para ver otras cosas.

d) independientemente de cómo se haya organizado la visita, el grupo siempre acababa subdividiéndose en pequeños grupos que se movían y trabajaban juntos, esto fue algo que sí disfrutaron los alumnos.

El resultado de este tipo de visita, muy estructurada con una tarea restrictiva a realizar, no fue muy satisfactorio, ni en cuanto a lo aprendido, ni en la actitud de los alumnos. Por lo anterior, proponen adoptar una visión constructivista para la visita en la cual el maestro asume más bien el papel de facilitador del aprendizaje y no directivo del mismo. El primer punto sería evitar el abordaje de realización de una tarea específica. Una visita como la que proponen se asemejaría más a una visita familiar; se recomienda:

a) preparar la visita de acuerdo a las tres áreas mencionadas.

b) formar grupos pequeños acompañados por un adulto, con mayor libertad para desplazarse dentro del museo y explorar de acuerdo a sus intereses. Cada grupo planteará sus objetivos y se reunirá periódicamente durante la visita con el grupo general con el fin de intercambiar impresiones. El papel del maestro en esta dinámica es el de coordinador.

c) aprovechar todos los recursos del museo .

d) variar las actividades durante la visita.

e) compartir todas las experiencias vividas para futuras discusiones y trabajos escolares.

3.4.3. Trabajo con los maestros

La preparación y el entusiasmo de los maestros influye de manera decisiva en el provecho que saquen sus alumnos de su visita. Griffin y Symington (1997) reportan que cuando los maestros tenían una actitud positiva, sus alumnos reflejaban la misma actitud. En cambio si el maestro veía la actividad como obligatoria e impuesta, a la cual le daba poca importancia, le transmitía esta sensación a los estudiantes. Griffin y Symington (1997) encontraron que la

mayoría de los maestros no tenían una orientación hacia el aprendizaje, sino más bien hacia la realización de una tarea o actividad. Desconocían el potencial didáctico de este medio y más bien trasladaban sus prácticas de un ambiente formal al mismo. Además se sentía intimidados y temerosos en este ambiente desconocido. No sabían qué estrategias utilizar, ni cómo sacar provecho de los recursos disponibles. Los maestros manifestaban también varias preocupaciones como: la seguridad de sus alumnos, el prestigio de la escuela, el encontrarse en un lugar desconocido, el no poder responder a todas las preguntas de los alumnos y su propia imagen ante su grupo.

En mi opinión, el museo debe buscar mecanismos para infundir entusiasmo y mostrarle a los maestros cuáles son las facilidades didácticas que tiene a su disposición. Lo más recomendable es que el maestro visite previamente el museo sin sus alumnos y que el museo le ayude a planear su visita de acuerdo a sus intereses y necesidades. Si el maestro no puede ir previamente, es recomendable que se le proporcione material escrito que le sirva para reducir su ansiedad, abandonar sus prácticas formales y sacar el máximo provecho del potencial didáctico de este ambiente no-formal.

Lo más recomendable sería ofrecer sesiones para grupos de maestros de diferentes niveles educativos en las cuales visitaran el museo, sin sus alumnos. En estas sesiones los maestros podrían a) familiarizarse con el museo y lo que ofrece, b) aprender cómo utilizar estos recursos y c) analizar casos específicos de problemas de aprendizaje de sus alumnos y cómo utilizar los recursos del museo para abordarlos. Las sesiones de este tipo tienen dos ventajas adicionales: los maestros pueden intercambiar experiencias y apoyar su aprendizaje sobre el aprendizaje de sus alumnos y la retroalimentación que recibe el personal del museo de los maestros.

Para estrechar esta relación entre el sector educativo y el museo se pueden organizar talleres para maestros. En éstos los maestros puedan jugar y explorar sus propias ideas e interpretaciones y adquirir experiencias que después puedan compartir con sus alumnos. Un taller de esta naturaleza fue propuesto por Rosebery y Puttick (1998)⁷⁶. El taller que proponen es para un grupo de maestros, en el cual puedan analizar "fenómenos cotidianos", diseñar dispositivos experimentales y discutir con sus colegas. También se podrían utilizar los equipamientos y recursos que proporciona el museo para los fines del taller. La ventaja de un taller para maestros sin alumnos señala Hawkins (1992), es que tienen la oportunidad para crear sus propias experiencias en un ambiente en el cual no se ve "amenazada" su imagen de profesor. En un ambiente de este tipo los maestros pueden examinar en conjunto no sólo los conceptos científicos, sino también cómo los entienden sus alumnos. También es un buen espacio para discutir y compartir sus ideas sobre qué es la ciencia. Todas estas experiencias serán provechosas para sus alumnos. El equipo que planeó el museo puede contribuir con los resultados del análisis previo que se hizo del público y puede

⁷⁶ Rosebery, A. S. y G. M. Puttick. (1998). "Teacher professional development as situated sense-making: a case study in science education". *Science Education*. Vol. 82, no. 6.

mostrarle al maestro cómo utilizar los equipamientos del museo para una mejor comprensión del tema.

3.4.4. Capacitación de los anfitriones

Para que el mensaje del museo sea transmitido cabalmente y sus objetivos se cumplan, todo el personal que trabaja en el museo y muy especialmente los que están en contacto directo con el público, deben conocer la misión, los objetivos y la historia del lugar (Johnson, J. 1992)⁷⁷. El personal que entra en contacto con el público incluye a los que explican en la exposición, el personal de taquilla, el de atención al público, los que contestan el teléfono, los voluntarios y la vigilancia. Janet Johnson (1992) considera que el mensaje del museo es transmitido fundamentalmente por su personal. Ella recomienda que todo el personal debe verlo a través de los ojos de sus visitantes y tratar de vivir la experiencia como si fuera uno de ellos. Por lo tanto sugiere que periódicamente recorran todo el museo; conozcan sus instalaciones y sus recursos; jueguen con los equipamientos; traten de explicarle a sus colegas lo que vieron; vean qué problemas tiene cada uno y que conversen con visitantes reales para conocer sus opiniones.

En cuanto al contenido del museo, el mensaje de la exposición y de cada uno de los equipamientos a veces es insuficiente por sí mismo, por lo cual es muy recomendable contar con personas capacitadas ubicadas en la misma exposición para auxiliar al público, orientarlo, complementar la información, apoyar el procesamiento de ésta, enseñarle cómo utilizar adecuadamente los equipos y en general complementar la labor del museo adaptando el mensaje al nivel y las necesidades de cada visitante. Este personal recibe el nombre de *anfitriones* en UNIVERSUM, *cuates* en el PAPALOTE, Museo del Niño (Chapultepec, Cd. de México), *guías* en el Centro de Ciencias EXPLORA (León, Gto.) y amigos, edecanes o explicadores en otros museos. El perfil de este personal varía de un museo a otro, en algunos son adolescentes, en otros son jóvenes que inician la carrera, también hay jubilados como en el caso del Royal Ontario Museum en Toronto. En algunos casos están contratados, en otros son becarios, algunos acuden a estudiantes que realizan su servicio social y también hay voluntarios que pueden ser jóvenes o personas de la tercera edad. Esta diferencia de perfil en este tipo de personal depende de varios factores como la misión del museo, el público meta y la relación que tenga con instituciones educativas cercanas. En UNIVERSUM, los anfitriones son estudiantes de licenciatura con más del 50% de créditos y un promedio de ocho o más. Estos estudiantes reciben una beca durante su estancia de uno o dos años en el museo y toman un curso de capacitación para desarrollar su labor.

Este tipo de personal también puede realizar otro tipo de tareas como dar demostraciones o realizar talleres de ciencia con los niños y los jóvenes. Los anfitriones pueden ser los mejores aliados del profesor, ayudándolo en lo que no

⁷⁷ Johnson, J. (1992). "Training is not trivial". *A New Place for Learning Science*. ASTC. Washington, D.C., pags. 101-104.

entiende y apoyando su labor de coordinador de las actividades y las discusiones que se lleven a cabo al interior de los grupos de alumnos. Lo que no es recomendable es que se limiten a dar visitas guiadas muy estructuradas porque entonces estarían desaprovechando el hecho de que es un ambiente no-formal y también se corre el riesgo de que impongan su propia visión de la exposición, coartando la libertad de los visitantes para explorar de acuerdo a sus intereses.

Debido a que la función principal de este personal es adaptar el mensaje del museo a las necesidades y nivel de cada uno de los visitantes, deben recibir una capacitación amplia y variada. A continuación mencionaré lo que a mi juicio son puntos fundamentales para este curso de capacitación:

- Una introducción al museo: su historia, misión, objetivos, contenido, público meta, organización, actividades que ofrece
- La ciencia y su discurso
- La importancia de la divulgación de la misma
- Aspectos conceptuales y operativos de la divulgación de la ciencia
- El uso del museo como medio para divulgar la ciencia y como un apoyo a la enseñanza no-formal
- Un modelo de aprendizaje que sea compatible con los objetivos del museo
- Un amplio conocimiento de la sección o sala en la que estarán en cuanto a objetivos, el contenido y el manejo de sus equipamientos
- Los principales problemas de interpretación de los conceptos o ideas expuestos en la sala y cómo ayudar al visitante a comprenderlos (de acuerdo a su nivel y experiencias previas)
- Los diferentes públicos que visitan el museo, sus características, sus necesidades y cómo adaptar el mensaje del museo a cada uno. Esto incluye niños de todas las edades, adolescentes, adultos, discapacitados, grupos y familias.
- Seguridad en el museo

Los resultados obtenidos del análisis del público y los resultados de la evaluación en las diferentes etapas de desarrollo del proyecto pueden servir en la capacitación de este personal.

3.4.5 El museo como un laboratorio para aprender sobre cómo aprenden las personas

Feher y Diamond (1990)⁷⁸ consideran que los museos son buenos sitios para estudiar cómo aprende la gente debido a que los visita un público heterogéneo, a que son ambientes en que la gente puede elegir libremente lo que quiere hacer y porque el empleo que hace de los equipamientos permite explorar aspectos específicos de la interpretación de los conceptos y de las ideas.

⁷⁸ Feher, E. y J. Diamond (1990). "Science Centers as Research Laboratories". *What Research says about Learning in Science Museums*. ASTC. Washington, D.C., pags. 26-28.

La naturaleza no-evaluatoria de este ambiente no-formal ofrece al maestro oportunidades únicas para conocer diferentes aspectos de sus alumnos que no podría observar en el aula. En estos sitios los estudiantes, al sentirse libres de evaluaciones y de ciertas conductas esperadas y propias de un salón de clases, tienden a buscar lo que les interesa, si la programación de la visita lo permite. Aun, en una visita rígida, es posible satisfacer sus inclinaciones personales dentro de lo que se tiene dispuesto. Además, fuera del ámbito escolar es más factible que el alumno responda no sólo en función de sus propios intereses y experiencia previa sino también de acuerdo a lo que verdaderamente entiende utilizando su sentido común y no respuestas memorizadas para "pasar un examen". Por lo tanto, es un buen lugar para analizar los esquemas alternativos de las personas, cómo interpretan la información y cómo estructuran sus ideas.

Otra consecuencia interesante de estar en un ambiente no-formal es que en éste cambia la dinámica de grupo del salón de clases. Los roles que adoptan los integrantes de un grupo varían debido a que en un museo los sujetos pueden recurrir a otras habilidades o tal vez a otro tipo de inteligencia que no tienen la oportunidad de utilizar en la escuela. Esto se aplica especialmente para el género femenino. El que puedan observar estos "nuevos comportamientos" de sus alumnos le da al profesor más elementos de conocimiento de los mismos. Estas observaciones lo ayudan a generar propuestas que puede utilizar en el aula. En cuanto al género, después de observar el comportamiento de estudiantes en un ambiente como el museo Arámbula, T. (1995) sugiere crear situaciones en el aula que favorezca la naturaleza más colaborativa de las mujeres más que la competitiva que es característica de los varones.

Para que el maestro pueda sacar el máximo de provecho de este recurso y aprenda más sobre como aprenden sus alumnos, es fundamental que lleve a cabo actividades antes, durante y después de la visita, del tipo que se presentaron en la sección 3.4.2.

Por lo tanto, los museos son recintos en los cuales los maestros pueden actualizarse; compartir sus experiencias con otros maestros y con el personal del museo; ampliar su experiencia en relación a los temas que enseñan, analizar nuevas estrategias para abordar estos conceptos, conocer mejor a sus alumnos y aprender cómo aprenden.

Por último, en un museo, los estudiantes al no sentir la presión de la evaluación académica, se comportan de una manera más espontánea y no tanto en función de lo que saben que se espera de ellos en la escuela (Reynoso, 1995 a). Así, los resultados obtenidos de los estudios sobre los visitantes en relación a qué les interesa, cómo interpretan la información que reciben, cuáles son sus principales dificultades para entender los conceptos, el tipo actividades que les gusta realizar y qué habilidades requieren para hacerlas, aportan información valiosa que puede ser de gran utilidad para el diseño curricular.

3.5 LA MISIÓN DE LOS MUSEOS DE CIENCIA

Como se ha visto a lo largo de este capítulo, los museos incrementan las oportunidades de aprendizaje por los recursos que poseen, la información que proporcionan y por el hecho de que son multimedios. Ofrecen la oportunidad de involucrar todos los sentidos, de emplear diversos estilos de aprendizaje, así como tipos de inteligencia. También se vio cómo la experiencia que se vive en el museo se incorpora a la red de conocimientos de cada individuo y que ésta depende de los tres contextos: el personal, el social y el físico. Esta experiencia será más rica si existe una preparación previa para la visita, y si se llevan a cabo actividades posteriores para reforzar lo vivido. Al planear la visita se debe tomar en cuenta que el aprendizaje en un museo no sólo será en el aspecto cognitivo sino también en el emotivo y el desarrollo de habilidades.

Durante la visita se sugiere no utilizar estrategias propias de la escuela y aprovechar el hecho de que el museo es un ámbito no-formal de aprendizaje. Por lo cual se propone adoptar una posición menos tradicional y más constructivista invitando a una exploración más libre pero al mismo tiempo proporcionando las condiciones y la retroalimentación necesaria para un aprendizaje significativo. Hay que tomar en cuenta que por lo general recuerdan más los efectos que las explicaciones de éstos por lo cual es importante que la observación sea lo más rica posible y que se estimule un procesamiento elaborado en el momento para que la experiencia sirva de ancla para una reflexión posterior.

Debido a los resultados tan positivos observados para grupos familiares en cuanto al aprendizaje en las tres áreas mencionadas (cognitiva, emotiva y habilidades) es recomendable promover más este tipo de visitas, incluso por la escuela misma, como complemento a sus actividades o tratar de emular este tipo de vivencias y relaciones cuando se tienen grupos escolares. Esto es, formar grupos pequeños, acompañados por un adulto, en los cuales hay mucha comunicación (antes, durante y después de la visita) y un aprendizaje colectivo en el cual todos aprenden algo (sin importar su nivel) y en el cual cada uno contribuye a la experiencia del resto del grupo.

Mucho se ha debatido sobre los objetivos educación vs entretenimiento de un museo. Éstos, desde mi punto de vista, no deben verse como aspectos excluyentes, sino como aspectos complementarios de una experiencia que contribuye a un mayor conocimiento y sensibilidad respecto al mundo en que vivimos. La recreación o la diversión no excluyen la posibilidad de aprender y al mismo tiempo aprender puede resultar entretenido y divertido.

Para concluir, considero que los museos tienen una misión fundamental que abarca todo lo anterior, que es la cultural. Tienen, junto con los otros medios mencionados al principio de este capítulo, la enorme tarea de contribuir a que la ciencia se incorpore a la cultura general de la sociedad. En este sentido, uno de

los logros principales de los museos de ciencia es el cambio de actitud de sus visitantes hacia la misma. Los que visitan un museo, generalmente salen con una impresión positiva de la ciencia, encontrándola interesante y motivados a saber más. Una sociedad que se interesa por la ciencia y que tiene una cultura básica de la misma favorecerá un ambiente más propicio para el desarrollo de la investigación científica y técnica, tendrá más elementos de juicio para decidir sobre asuntos relacionados con estas áreas y en general estará más preparada para vivir en el mundo actual.

CAPÍTULO IV

UNIVERSUM, EL MUSEO DE LAS CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

4.1 INTRODUCCIÓN

Cada museo tiene su propia historia, por lo cual no hay dos museos iguales. En esa historia se encuentran factores que son decisivos para su desarrollo. Algunos de estos factores son: quién lo inició, quién lo realizó, quién lo financió, con qué recursos humanos y técnicos se contó y el contexto social, cultural y económico del futuro museo. Estos antecedentes serán determinantes en la definición de los objetivos, los mensajes, el público meta, la elección del contenido y la constitución del equipo de trabajo. Debido a la cantidad de variables que intervienen en este proceso, es casi imposible dictar reglas estrictas a seguir para la planeación y construcción de un museo interactivo cualquiera. Sin embargo, lo que sí existe son muchos estudios sobre diversos aspectos relacionados con los museos, así como una metodología que ha dado buenos resultados, como la que se mostró en el capítulo anterior, que nos permiten vislumbrar lineamientos generales, los cuales deberán ser aplicados tomando en cuenta que cada caso es particular.

En este capítulo se mostrará un caso específico, el de *UNIVERSUM*, relatando brevemente cómo ha sido su evolución, desde sus antecedentes hasta nuestros días. También se presentará el análisis que se hizo para llegar al marco conceptual y operativo del Museo, mostrando la concordancia entre los referentes teóricos esgrimidos para museos y la metodología que se utilizó para hacer *UNIVERSUM* y otras exposiciones realizadas por este equipo de trabajo.

4.2 EL PROYECTO MUSEO DE LAS CIENCIAS

Desde la década de los sesentas, un grupo de universitarios, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), principalmente del área de ciencias, convencidos de la importancia de la divulgación de la ciencia, buscó un sitio, una casa de la ciencia, para llevar a cabo esta tarea. La inquietud fue contar con un lugar que pudiera ser visitado por un público amplio, en el cual se podía ofrecer actividades diversas para acercarlos a la ciencia y tal vez presentar algunas colecciones científicas que existían en la universidad. Por otro lado, para hacer una contribución importante al avance de la comunicación de la ciencia, la posibilidad de contar con un lugar fijo permitiría que se pudiera llevar a cabo una evaluación seria del trabajo, tanto del producto mismo, como del quehacer de la persona o personas que lo realizaron. Esta valoración es necesaria para mejorar los productos mismos y tener nuevos y mejores criterios para proyectos futuros. Además, sin esa evaluación, es difícil que a las

actividades de extensión se les dé el mismo valor que las otras actividades académicas como son la investigación o la docencia. (Becerra, 1995)⁷⁹.

En 1989, con la llegada del Dr. José Sarukhán a la rectoría de la UNAM, se le daría un impulso definitivo a todas estas inquietudes. Él mismo formaba parte de ese grupo que había buscado una casa de la ciencia, así es que le solicitó a otro miembro de este grupo, el Dr. Jorge Flores, que se abocara a la tarea de construir un museo de ciencias (Becerra, 1995).

Se decidió que sería un museo moderno interactivo y que abarcaría no sólo las ciencias exactas y naturales, sino también algunos aspectos de las ciencias sociales. Para desarrollar el guión conceptual de lo que sería el futuro museo, se seleccionó a un grupo de trece investigadores universitarios, de diferentes áreas de la ciencia, que compartían este interés por la divulgación de la ciencia y que ya tenían cierta experiencia en este campo. Cada uno de estos investigadores trabajaría en el guión de un tema particular, cercano a su área de especialidad. De esta manera se obtuvo una propuesta con trece salas, correspondientes a diferentes áreas de la ciencia. Como era la primera experiencia de esta naturaleza en la UNAM, se organizaron visitas a centros de ciencia y museos de Estados Unidos y Canadá. Al poco tiempo fue evidente que no se podían copiar los modelos de otros países puesto que este proyecto nacía bajo condiciones muy particulares. Por un lado, el contexto social, cultural y económico de los visitantes potenciales es muy distinto al de los visitantes de otros países y por el otro, se contaba con toda la infraestructura humana y técnica de la UNAM, en particular del CUCC (Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia), con experiencia en la divulgación y difusión de la ciencia (Reynoso, 1998)⁸⁰. Se tomó la decisión de hacer un centro original que reflejara la cultura del pueblo de México (Becerra, 1995).

Una vez terminado el primer guión conceptual, la siguiente tarea fue conformar el grupo de trabajo que realizaría el proyecto. Debido a que se había establecido que el futuro museo se caracterizaría por ser un multimedia, se requería reunir a personas de diferentes especialidades. Para fines organizativos el personal que se encargaría de los contenidos, la planeación, el diseño, la construcción, la promoción y la evaluación del Museo, se repartió en tres grandes grupos: el de las salas, el de los gabinetes y el de enseñanza no-formal. La descripción y función que se hace a continuación corresponde a la etapa previa a la inauguración del museo.

En las salas se ubicaron los científicos y sus ayudantes. Cada sala correspondía a un área específica de la ciencia. Este grupo tuvo la responsabilidad de presentar una propuesta de contenidos para la misma y de asesorar el proceso de realización de los equipamientos que se proponían para comunicarlos.

⁷⁹ Becerra, J., J. Flores E. Reynoso (1995). "Cómo hicimos UNIVERSUM". *Información Científica y Tecnológica*.

⁸⁰ Reynoso, H. E. (1998). "La planeación de un museo interactivo de ciencias". *Cómo hacer un museo de ciencias*. Jorge Flores Valdés (compilador). UNAM. FCE México. D. F.

El grupo de los gabinetes estaba compuesto por técnicos, especialistas en comunicación y artistas que transformaban las ideas de los científicos en un aparato interactivo, un video, un diaporama, un hipermedio, un juego, un taller de ciencia para niños, una pieza de teatro, una demostración o una obra de arte. Así se conformaron los siguientes gabinetes: Ingeniería, Museografía, Medios Escritos, Medios Audiovisuales, Cómputo, Fotografía, Montaje, Mantenimiento, Actividades Públicas, Relaciones Públicas y Arte.

El tercer grupo, llamado de Enseñanza no-formal, se subdividió en dos: el grupo de Planeación y el de Evaluación. El grupo de Planeación, con base en los resultados obtenidos de estudios realizados sobre el público potencial, trabajó tanto con los científicos como con los gabinetes, en el desarrollo de una propuesta que comunicara los contenidos de una manera accesible al público. En estos estudios se intentaba conocer al público en lo que se refiere a sus intereses, estado de conocimiento, la forma en que estructuran este conocimiento y sus principales dificultades para entender e interpretar el tema. Este grupo no sólo sirvió de intermediario entre el público y los científicos sino también entre los científicos y los gabinetes. El grupo de Evaluación, como su nombre lo indica, llevaba a cabo la evaluación de aspectos comunicativos, técnicos y estéticos del producto con base en opiniones del público y de expertos externos al proyecto. Este grupo debería mantenerse ajeno a todo el proceso creativo con el fin de mantener cierto grado de objetividad en la obtención e interpretación de los resultados (Reynoso, 1998).

Se pensó en una estructura matricial en la cual cada una de las salas trabajaría con cada uno de los gabinetes. El grupo de Planeación de Enseñanza no-formal sería el elemento cohesivo entre las salas y los gabinetes.

El primer guión del Museo contenía alrededor de mil equipamientos. Las interrogantes eran muchas: ¿por dónde empezar?, ¿cómo diseñar los equipamientos pensando en el público?, ¿cuál era la mejor manera de comunicar los contenidos?, ¿cómo establecer la comunicación al interior del equipo de trabajo?, la tarea parecía monumental. Fue entonces que se decidió dividir el guión de cada sala en subsecciones, que se caracterizaran por su coherencia temática. Cada una de estas secciones comprendía varios equipamientos que en conjunto podían constituirse en una exposición. Se decidió comenzar con algunas de éstas y convertirlas en exposiciones parciales, las cuales después se integrarían en el futuro museo. Como todavía no se tenía el edificio en donde se albergaría *UNIVERSUM*, el proyecto entró en una etapa de "museo ambulante". Estas muestras se presentaron en diferentes sedes tanto de la Ciudad de México como en otras ciudades y poblados del país. En total se montaron 39 exposiciones parciales antes de la inauguración del Museo, el 12 de diciembre de 1992, las cuales fueron visitadas por público de todas las edades y de diferentes niveles socioeconómicos. Esta experiencia fue sumamente valiosa por varias razones: el equipo de trabajo se vio obligado a iniciar el proyecto desarrollando productos tangibles, se pudieron evaluar diferentes aspectos técnicos, estéticos y comunicativos de estos equipamientos y se tuvo que desarrollar una metodología que permitiera llevar a cabo esta tarea de manera eficiente. Con base en los

resultados obtenidos de estas evaluaciones, se hicieron modificaciones a los equipamientos y a las muestras en su conjunto. Los productos finales fueron instalados en su sede definitiva en la zona cultural de la UNAM.

4.3 LAS BASES DE UN MARCO CONCEPTUAL

Cuando se comenzó el proyecto, al poco tiempo se hizo evidente que para llevar las cosas a buen término era necesario resolver los problemas de comunicación a dos niveles: a) externo, con el público y b) interno, dentro del equipo de trabajo.

a) Para resolver el problema de comunicación con el público, es necesario conocerlo, en los términos que ya se han planteado, para desarrollar el mensaje en función de este receptor potencial. El gran reto de este proceso es transmitir el mensaje con claridad, sin perder veracidad y al mismo tiempo obtener un producto de calidad y atractivo para el receptor.

b) Las dificultades de comunicación a nivel interno son una consecuencia de que el equipo de trabajo esté integrado por personas con distintas formaciones. La intersección entre sus áreas de conocimiento y sus experiencias es mínima o casi nula por lo cual la colaboración se hace difícil. Para resolver este problema es altamente recomendable que cada integrante del equipo de trabajo entienda, no necesariamente a profundidad, lo que hacen los demás, con el fin de establecer un lenguaje común que facilite la interacción.

Además de la ausencia de una base común para la comunicación, existían otras dificultades que complicaban el trabajo en equipo. No había consenso, entre los diferentes integrantes del equipo, sobre varios aspectos del futuro museo como son: sus objetivos, los mensajes, para qué público debería diseñarse y qué ideas deberían transmitirse sobre qué es y cómo se hace la ciencia. En un extremo estaban los integrantes del equipo que opinaban que lo más importante era mostrar la ciencia como algo divertido y al alcance de todos. En sus propuestas era común observar algún elemento sorpresivo o espectacular.

En el otro extremo estaban los que opinan que la ciencia es un cuerpo de conocimientos construido de una manera rigurosa y que un objetivo de la divulgación sería convencer al visitante de esto. Para lograrlo, buscan recrear situaciones en las que el usuario se sienta como un científico y vea la necesidad de proceder de manera sistemática en la búsqueda de respuestas.

La imagen de ciencia mostrada en otras propuestas comunicaba que la ciencia es un producto social y en otras un placer intelectual. Algunos miembros del equipo prefirieron mostrar aspectos poco conocidos de la ciencia, como su relación con otras disciplinas y en ocasiones hasta con el arte. Para otros, fue primordial manifestar que la ciencia es útil y presentaron ejemplos de proyectos tendientes a resolver problemas cotidianos, o los que amenazan el futuro de la ciudad, el país o el planeta. Por último, se consideró que el Museo era un magnífico lugar para dar a conocer la ciencia que se hace en México, en particular en la UNAM (Reynoso, 1998).

Otro tema de discusión fue sobre quién debería ser el público meta: los niños, los adolescentes, los universitarios o el público general. En este último caso, el debate gira en torno a cuáles serían las características de un visitante promedio y cómo utilizar esta información para la planeación de las exposiciones. Roger Miles (1986)⁸¹, quien llevó a cabo una modificación importante en el Museo de Historia Natural de Londres, considera que cuando el público meta es el público general, se debe partir de la base de que su conocimiento del tema es mínimo y que su nivel de lectura y comprensión es el de un estudiante de secundaria. Sin embargo, ¿sería válido aplicar este criterio en un país en el cual la escolaridad promedio es de 7.7 años? Posiblemente este dato sería más apropiado para la definición de público general en México. La justificación de la postura de Miles, ofrecida por él mismo, es que cualquier persona con un nivel escolar bajo, generalmente no va al museo solo, sino que es acompañada por una persona con un cierto grado de educación. Esta última, generalmente, tiene un nivel de lectura más elevado y por lo tanto le puede explicar a su acompañante.

Otro punto de discusión al interior del equipo de trabajo y que también se ve reflejada en la literatura, se relaciona con el aprendizaje de las personas en un sitio no-formal. La pregunta es si se aprende o no en un museo. En un extremo, se encontraban los integrantes del grupo que opinaban, al igual que algunos autores, que en un museo no se aprende (Carlson, 1994), porque el visitante promedio no tiene esa intención, sino que más bien visita el museo por razones sociales o como una alternativa para su tiempo libre. En el otro extremo, estaban los que opinaban que las experiencias vividas en un museo, son únicas y por lo tanto contribuyen a la construcción de nuestro conocimiento del mundo de manera significativa (Reynoso, 1995)⁸², por lo cual se ha llegado a afirmar que los museos poseen un gran potencial didáctico (Miles, 1986 y Grinell, 1992). Con esta idea, se han desarrollado estrategias que deberán ser incorporadas al diseño de los equipamientos y las exposiciones para incrementar este potencial (Carlson, 1994, Falk, & Dierking, 1992, Borun, 1993⁸³, Screven, 1992). Afirmaciones como las anteriores se basan en argumentos como: en los museos se ofrece información reciente y complementaria a la que se da en el aula, es posible ver e interactuar con objetos reales, ofrecen la posibilidad de involucrar todos los sentidos y hasta pueden funcionar como laboratorio sustituto (Reynoso, 1997⁸⁴). Miles, (1986) piensa que el hecho de que en un museo existe la posibilidad de aprender bajo condiciones de mucha mayor libertad, por interés propio y no por

⁸¹ Miles, Roger (1986). "Museum Audiences". *The International Journal of Museum Management and Curatorship*. 5, 73-80.

⁸² Reynoso, H. E. (1995). "A Science Museum: A Powerful Aid to Formal Education". *AIP Conference Proceedings* 342. CAM -94 Physics Meeting. 281-286.

⁸³ Borun, M., C. Massey y T. Lutter (1993). "The Naive Knowledge and the Design of Science Museum Exhibits". *Curator*. 36, no. 3, 201-219.

⁸⁴ Reynoso, H. E. (1997). "La relación entre museos de ciencia interactivos y la enseñanza formal".

Ponencia presentada en la V Reunión de la Red-Pop, UNESCO. La Plata, Argentina, 21-23 de abril de 1997.

obligación, como muchas veces ocurre en la escuela, produce un aprendizaje que es cualitativamente distinto, al que se da en la escuela, pero más de acuerdo a los intereses del sujeto.

En esta discusión existe una postura intermedia y es que hay todo tipo de visitantes, con propósitos diferentes cuando van a un museo y por lo tanto se debe planear algo para todos. Aun en el caso de personas que dicen que sólo van al museo por diversión, para llevar a los niños o para pasar un rato en compañía de otros, se puede afirmar que si ha habido un aprendizaje (Falk & Dierking, 1992), o que su estado de conocimiento al salir del Museo no es igual al estado con el que ingresó. Por discusiones cómo estas Falk y Dierking consideran conveniente ampliar el concepto de aprendizaje.

Al no existir consenso en todos los aspectos mencionados con anterioridad, se analizó la conveniencia de intentar homogeneizar el Museo en cuanto a objetivos, públicos y museografía. Después de discutir este asunto, se optó por dejar que cada equipo de trabajo desarrollara su propia propuesta, bajo ciertos lineamientos de calidad y con un arbitraje científico (Reynoso, 1998). El resultado fue un abanico de espacios, cada uno con personalidad propia y con objetivos particulares, que reflejan el esfuerzo creativo de todas las personas que intervinieron en el proyecto.

Como se mencionó para desarrollar una exposición interactiva, se requiere un equipo de trabajo constituido por cuatro ingredientes esenciales: a) el ingrediente científico, constituido por personas que conocen los contenidos y que vigilan que no se comentan errores de tipo conceptual; b) el comunicativo, integrado por personas (divulgadores y educadores) que conocen las características cognitivas y afectivas del receptor y que pueden presentar los contenidos a nivel de divulgación, tomando en cuenta lo que se sabe del público; c) el técnico, formado por especialistas que pueden diseñar y desarrollar los equipamientos y d) el estético, integrado por aquellos que pueden hacer que los equipamientos y la exposición en su conjunto sean atractivas (Grinell, 1992). Esto implica la conformación de un equipo multidisciplinario, en el cual tendrán que colaborar, en un determinado momento del proyecto, dos o más ingredientes de los que se mencionaron. En *UNIVERSUM* este grupo de trabajo estuvo integrado por científicos, especialistas en enseñanza de la ciencia, divulgadores, técnicos, diseñadores, escritores, expertos en los medios audiovisuales, fotógrafos, computólogos, museógrafos, ingenieros, arquitectos, artistas plásticos y en ocasiones hasta actores.

Debido a que en un solo equipamiento intervienen varios integrantes de diferente especialidad, uno de los problemas básicos de esta tarea es llegar a un acuerdo en cuanto a dónde termina el trabajo de uno y comienza el del otro. Si no se llegan a establecer reglas de colaboración, se corre el riesgo de que alguno de los integrantes del equipo de trabajo opine sobre algo que no corresponde a su área de especialidad y que por lo tanto, las decisiones tomadas no sean las más acertadas. Por situaciones como la descrita, se vio la necesidad de establecer un estructura conceptual y operativa para desarrollar el proyecto con los siguientes elementos:

- a) La integración del equipo de trabajo
- b) Las reglas de interacción entre los diferentes integrantes de este equipo de trabajo
- c) Las responsabilidades y obligaciones de cada uno de los sectores
- d) Los límites de autoridad de cada sector
- e) El papel del coordinador

Esta estructura operativa debería: facilitar la comunicación y la colaboración entre todos los involucrados; permitir la optimización de los recursos humanos y técnicos y ayudar a que el proyecto se desarrollara de manera eficiente, con las decisiones apropiadas en el momento indicado. Con el fin de establecer esta estructura se llevaron a cabo varias sesiones de análisis en las cuales cada sector presentó lo que podía hacer, desde su área de especialidad, con el propósito de definir cómo sería su interacción con los demás.

Estas reuniones tuvieron los siguientes resultados: todos comprendieron las limitaciones y las potencialidades de los diferentes medios y grupos de trabajo pero fue difícil establecer cómo se darían las colaboraciones, en qué momento del proceso entraba cada sector y quién debería tener la última palabra en qué. La base de estas diferencias de opinión fue la polémica, aún vigente, sobre quién debe hacer la divulgación de la ciencia y, en el caso de un proyecto que requiera de un equipo interdisciplinario; quién debe coordinarlo. Se detectaron las siguientes posturas al respecto, que, cabe mencionar, no son exclusivas del personal que participó en la construcción de *UNIVERSUM*, son bastante comunes en la comunidad de divulgadores de la ciencia:

i) *Los científicos auxiliados por los expertos de los medios.* Los que están a favor de esta postura consideran que como los científicos son los que producen el conocimiento, son ellos los indicados para decidir que temas se van a transmitir al público y qué decir de éstos. Los científicos desarrollan el producto, por ejemplo un libro o una conferencia, y sólo en el caso de que sea necesario, recurren a los expertos de los medios para que los auxilien en cuestiones técnicas o para elaboren el producto cuando estén imposibilitados de hacerlo por sí mismos.

ii) *Los medios asesorados por los científicos.* Los que sostienen esta postura consideran que el éxito de un producto radica en el manejo adecuado del medio y no tanto del contenido. Consideran que los expertos de los medios son los indicados para dirigir el proceso puesto que son ellos los que conocen los gustos del público y saben cómo presentar el mensaje tomando esto en cuenta. El científico, en este caso, sólo debe desempeñar el papel de asesor para aportar información y para evitar que se cometan errores de tipo conceptual.

iii) *Un equipo interdisciplinario coordinado por un divulgador profesional.* Los que mantienen esta postura consideran que el trabajo de divulgación requiere de la experiencia de diferentes especialistas y que por lo tanto es necesario formar un grupo interdisciplinario para desarrollar un proyecto. Dentro de este equipo interdisciplinario, debe existir una persona o un grupo de personas, que

sirvan de intermediarios entre los científicos, los expertos de los medios y los técnicos: un divulgador profesional. El divulgador debe tener varias cualidades: debe poseer ciertos conocimientos básicos de ciencia que le permitan por un lado, captar la esencia del tema a desarrollar y saber cómo transmitirlo al público y por el otro, poder comunicarse con el científico. Al mismo tiempo, tiene que conocer lo suficiente del medio o los medios disponibles como para poder participar en la elaboración de propuestas viables. La pregunta obvia en este caso es: ¿quién es este divulgador profesional? ¿Es una persona con formación científica y con experiencia en algún medio de divulgación?, ¿es una persona proveniente del área de la comunicación pero con una cultura científica lo suficientemente amplia como para comunicarse con los científicos?, ¿el divulgador puede ser de cualquier área de la ciencia o de la comunicación? o ¿deberá especializarse en alguna disciplina de la ciencia, un medio específico o un determinado sector de la población?, ¿el divulgador se hace en la práctica o es posible diseñar un currículum para este fin? En este último caso, ¿cuál debería ser el contenido curricular de un curso con este propósito? Las respuestas a cada una de estas preguntas pueden ser múltiples. Como no existe consenso, hoy día se considera divulgador a casi cualquier persona que se desempeña como tal. El papel del divulgador dentro del equipo de trabajo es la de facilitar la comunicación, tanto dentro del equipo de trabajo, como con el público.

iv) *No hay fórmulas, depende del proyecto.* En este caso, se considera que lo idóneo es ver cada proyecto como un caso individual, por lo cual la estructura organizativa dependerá de características particulares del mismo. Para hacer una propuesta de estructura operativa se tiene que hacer un análisis de los recursos humanos, técnicos y económicos con los que se cuenta. También se deberá tomar en cuenta el entorno social, económico y cultural, así como las condiciones políticas en que se da el proyecto. Por ejemplo, un factor que puede ser decisivo en la forma en que se organice el trabajo será la existencia de una persona o más que cumplan con varios requisitos, como puede ser la de científico, divulgador y tal vez hasta experto en algún medio, un científico que sea un buen escritor en divulgación, un escritor que entienda mucho de ciencia, un cineasta o ingeniero con características similares. Otro ejemplo sería el de un museo como *UNIVERSUM*, que se desarrolla dentro de una universidad que cuenta con todos los recursos humanos y técnicos que se requieren. Esto evita que se tenga que recurrir a empresas externas a la institución para la realización del proyecto. En la práctica, ésta fue la postura que ganó en *UNIVERSUM*. Se llegó a la conclusión que la mejor opción para el Museo era un equipo multidisciplinario, fuertemente acoplado y con reglas muy claras de comunicación, conformado por especialistas de diversas disciplinas de la ciencia, la técnica, la comunicación, la educación, la divulgación y el arte (Reynoso, 1998).

Desde mi punto de vista, esta es la postura más indicada. Cada proyecto debe ser considerado como un caso particular y para definir el marco conceptual y operativo del mismo es necesario hacer un análisis de las condiciones en que se realiza: los recursos humanos, el financiamiento y la infraestructura técnica con la que se cuenta. El éxito del desarrollo del proyecto dependerá, en gran

medida, de las reglas de interacción al interior del equipo de trabajo. La base de una buena colaboración es el respeto a la experiencia de cada sector y la aplicación de criterios para determinar los límites de responsabilidad y autoridad de cada uno; un conocimiento elemental sobre el tema a desarrollar, así como de las potencialidades y limitaciones de cada uno de los medios que se utilizarán.

Para crear este lenguaje común que permita una mejor comunicación al interior del equipo de trabajo se recomienda hacer un *ejercicio de divulgación entre divulgadores* (consideraré divulgador a todas las personas involucradas en el proyecto). Este ejercicio se lleva a cabo cuando se empieza a integrar el equipo de trabajo. Cada uno de los integrantes deberá exponer ante el resto del equipo de trabajo, qué se puede hacer y qué no se puede hacer con un determinado medio. El científico deberá hacer su primer ejercicio de divulgación del tema ante sus demás colegas (no científicos).

Así, el científico deberá explicar todas las ideas y conceptos que considera fundamentales para comunicar el tema, tratando de entusiasmarlos y mostrándoles los aspectos relevantes. El propósito de esta presentación es doble; por un lado, que el científico ponga a prueba su propuesta, pues si las personas que lo van a desarrollar no entienden el tema o no les parece interesante, difícilmente se le puede pedir lo contrario al público. Además, en la medida en que los realizadores comprendan y se interesen por el tema que están trabajando, será más fluida la comunicación entre ellos y con el científico y tendrán más elementos para hacer propuestas creativas y atinadas.

Los especialistas en educación y en divulgación deberán exponer sus ideas sobre cuál es la mejor manera de desarrollar estos contenidos en función del público meta. Se debe mostrar cuáles son las características del público esperado: sus intereses, sus conocimientos sobre el tema, la forma en que relaciona estos conocimientos con otros y sus principales dificultades posibles para entender el mensaje que se le va a transmitir. A partir de esta información deberá explicar la mejor manera de presentar los contenidos a los visitantes. Este ejercicio es muy útil porque por un lado, los científicos, que son expertos en el tema, tienen a veces mucha dificultad para comprender por qué los demás no entienden o no se interesan por algo que a ellos les parece fascinante. También se impresionan ante las ideas "no científicas" de los no especialistas y les es difícil aceptar que alguien pueda pensar de esa manera. Por otro lado, seguramente los realizadores tienen las mismas dificultades de interpretación que el público.

Finalmente, en este ejercicio de *divulgación entre divulgadores*, los realizadores deberán aportar a los demás colaboradores que no son de su especialidad, elementos básicos, ya sea de carácter técnico, económico, práctico, estético o comunicativo, con el fin de que conozcan las limitaciones y las potencialidades de cada uno de los medios que tienen a su disposición. Por lo tanto, los responsables de escribir las cédulas y los textos deberán dar recomendaciones para la elaboración de los mismos. Los diseñadores o ingenieros deberán ejemplificar cuáles son los elementos técnicos que se tienen que tomar en cuenta para el diseño y construcción de los equipamientos, y los

especialistas de los medios audiovisuales e hipermedios mostrarán los recursos con los que se cuenta. Al analizar cada una de las propuestas para comunicar una determinada idea o concepto, se tiene que examinar el uso que se le dará al medio elegido y si ésta es la mejor opción. Si es factible, siempre es útil presentar una muestra del tipo de trabajo que se puede realizar. El artista debe ser capaz de transmitir los aspectos sensoriales y emotivos que puede despertar una obra de arte y cómo se puede integrar ésta a la exposición. El museógrafo debe explicar cuál es la mejor manera de utilizar el espacio con base en argumentos técnicos, estéticos y funcionales. En cuanto al edificio para el museo, ya sea que se adapte un edificio o se construya uno nuevo, los arquitectos e ingenieros deberán hacer su proyecto a partir del guión museográfico, tomando en cuenta el contenido del futuro museo y las necesidades del mismo. Cuando todos comprendan las potencialidades y las limitaciones de cada uno de los medios, esta parte del ejercicio de divulgación entre divulgadores se puede obviar.

Con estos ejercicios de divulgación, se construye un lenguaje común y un bagaje de conocimientos compartido por todo el equipo de trabajo, que permiten que la comunicación sea mucho más fluida, facilitándose enormemente la colaboración. De esta manera, con los elementos y argumentos aportados por todos los integrantes de este grupo multidisciplinario, los científicos, divulgadores y realizadores, podrán desarrollar una propuesta colectiva que sea atractiva, viable, que aproveche de la mejor manera los recursos y que transmita adecuadamente el tema. Este análisis, en el que participan todos los sectores, es muy recomendable, porque sólo de esta manera se podrá estudiar la futura exposición como un todo, explorando las diferentes posibilidades para comunicar cada uno de los contenidos.

Con el fin de que todos los involucrados tengan muy presente, a lo largo de todo el proceso de elaboración, el mensaje que se quiere transmitir, es fundamental que los siguientes puntos queden muy explícitos en el proyecto:

- Los objetivos
- El mensaje
- El público meta y sus características

Los objetivos de una exposición corresponden a lo mínimo, a nivel de información o experiencia, que se busca que el visitante asimile con su visita. El mensaje se relaciona más con alguna idea o sentimiento adicional que se desea transmitir, como puede ser inducirlos a reflexionar sobre algún problema relacionado con la ciencia o provocar un cambio de actitud. Por ejemplo, a través de una exposición se podría intentar convencer al público de la responsabilidad que tiene para cuidar el medio ambiente, de producir menos basura o de un uso más racional de los energéticos. Otro mensaje que siempre está presente, de manera intencionada o no, es una cierta imagen de la ciencia y del quehacer científico, por lo cual es conveniente que esta postura se haga explícita durante la discusión colectiva, evitando así que cada uno de los integrantes aporte una idea diferente. Por ejemplo, en la Sala de Química de *UNIVERSUM*, en todo momento se intenta convencer al público de que la química es útil e importante para la

sociedad. Con este mensaje central se explicaron diferentes conceptos de química y se mostró la forma en que trabajan los químicos para resolver estos problemas. Si todo el equipo de trabajo sabe cuál es el mensaje central, puede contribuir de manera intencionada a que éste se transmita al elaborar sus productos.

En relación a los visitantes a la futura exposición, es indispensable que los científicos, realizadores y artistas, involucrados en el proyecto, conozcan el análisis realizado sobre el público meta en cuanto a sus intereses y conocimiento previo sobre el tema, así como sus principales dificultades para entenderlo. Con estos argumentos, los responsables de garantizar que el tema se transmita pensando en este público meta, deberán ofrecer sugerencias sobre cuál es la mejor manera de presentar los contenidos. Si esto no se hace, tanto los científicos como los realizadores trabajarán pensando en un receptor hipotético, por lo general bastante alejado de la realidad.

Esta información deberá aplicarse directamente a la forma de comunicar el contenido: qué decir, qué no decir, y cómo decirlo. A través de cuestionarios y entrevistas al público meta no sólo se ven sus intereses en relación a un tema específico, sino también se pueden detectar posibles fallas en la forma en que se les presentó la información previamente (en la escuela o a través de los medios masivos) y que los llevó a conclusiones equivocadas. Este tipo de resultados dan la pauta para decidir en qué aspectos hay que hacer más énfasis y qué explicaciones son susceptibles de ser mal entendidas.

Por último, un punto más a favor de la discusión colectiva y multidisciplinaria es que facilita la aplicación del modelo de la experiencia interactiva propuesto por Falk y Dierking, es decir el desarrollo de una exposición con base en la interacción de los tres contextos: el físico, el social y el personal.

4.4 EL MARCO CONCEPTUAL DE *UNIVERSUM*

La metodología que se desarrolló para hacer *UNIVERSUM* permitió construir una exposición didáctica de alrededor de mil metros cuadrados, desde su concepción hasta su inauguración, en aproximadamente un año (Becerra, et. al., 1995). Esta metodología fue el resultado de varias reuniones de análisis efectuadas con el fin de establecer las reglas de interacción entre los diferentes sectores involucrados que permitieran una labor de equipo más eficiente, optimizar los recursos humanos y técnicos y explotar al máximo el potencial creativo de los integrantes.

Se vio la conveniencia de subdividir este proceso en etapas en las cuales se obtenían versiones parciales de lo que sería el producto final, que podían ser evaluadas para decidir si se podía continuar por el mismo camino o si hacía falta introducir algunas modificaciones. Estos productos parciales tendrían la forma de un documento de trabajo, un diseño, una maqueta o un prototipo. Se establecería un calendario con reuniones periódicas, en las cuales participarían diferentes integrantes del equipo de trabajo según la fase del proyecto. Al final de cada

etapa, cada uno de los sectores debía presentar su contribución correspondiente a esa fase del proyecto.

A continuación se describe cómo fue este proceso:

Etapa de Planeación:

Una vez acordado con los directivos el tema de la exposición a desarrollar se iniciaba la etapa de planeación. En esta fase del proyecto sólo intervenían, el coordinador del proyecto, los científicos y las personas del grupo de Planeación de Enseñanza no-formal. Los científicos proponían un guión conceptual del tema para la futura exposición en el cual se incluían todos los conceptos e ideas que consideraban necesarios. Simultáneamente, el grupo de Planeación hacía un análisis de cómo presentar el tema pensando en el público meta. Este análisis comenzaban con una revisión de lo que existe en la literatura de la investigación educativa y de museos en relación a los visitantes y cómo entienden el tema que se desarrollaría. Posteriormente, se llevaban a cabo una serie de entrevistas o se aplicaban cuestionarios a sujetos con el perfil del público meta, para conocer sus intereses sobre el tema, su estado de conocimiento y sus principales dificultades para entenderlo.

Con esto resultados, se reunían el coordinador del proyecto, los científicos y personas del grupo de Planeación para elaborar un documento de trabajo para los gabinetes realizadores. Resultó muy conveniente que el documento se elaborara conjuntamente por varias razones: se unificaban los criterios antes de llegar a la etapa de diseño, se aseguraba que la presentación de los conceptos contara con el visto bueno del científico y los científicos se sensibilizaban en cuanto a las características del público y la propuesta para divulgar el tema. Este documento contenían los siguientes elementos delineados explícitamente:

- El nombre de la exposición
- Los objetivos y el mensaje
- El público meta y una descripción de sus características
- El tema desarrollado a un nivel comprensible para los demás integrantes del equipo de trabajo
- Sugerencias sobre cómo desarrollar el tema para el público meta
- Material de apoyo como ilustraciones, fotografías, bibliografía

En relación al modelo de Screven, esta parte del proceso coincide claramente con la etapa de planeación y la evaluación que se llevó a cabo fue la correspondiente, es decir evaluación previa ó frontal. La información que se obtuvo sobre los visitantes, con esta evaluación frontal se retomó posteriormente al trabajar con maestros y alumnos. Los resultados muestran cómo los alumnos entienden los conceptos, qué posibles fallas ha habido en comunicaciones previas, tal vez en la escuela, cuando se enfrentaron a ciertos conceptos, qué les interesa del tema, qué lagunas tienen en su conocimiento sobre el mismo, así como qué conceptos conviene reforzar y qué formas de explicación conviene

evitar. Por lo tanto, toda esta experiencia no sólo se utilizó para el diseño de los diferentes elementos de la exposición sino que también sirvió para capacitar a los anfitriones que atenderían al público y para apoyar a los maestros en la preparación de su visita al Museo.

El anteproyecto se presentaba a los directivos. En esta sesión, además de analizar la propuesta, se tomaban decisiones de orden práctico como el tiempo y el presupuesto requerido. Si el anteproyecto era aprobado y se contaba con los recursos necesarios para llevarlo a cabo, se procedía a la siguiente etapa. De lo contrario era necesario continuar trabajando hasta obtener una propuesta más satisfactoria.

Etapa de diseño:

Esta etapa del modelo de Screven, se iniciaba en *UNIVERSUM* con una reunión donde participaban, el coordinador, los científicos, el grupo de planeación y todos los gabinetes realizadores. Se comenzaba con una presentación del contenido científico, presentando uno por uno, todos los equipamientos sugeridos para explicar cada uno de los conceptos. El grupo de Planeación aportaba elementos de tipo didáctico para ser considerados en el diseño, así como sugerencias sobre qué decir, qué no decir y cómo decirlo. Debido a que hasta este momento no había intervenido nadie con formación técnica, todos los equipamientos sugeridos estaban a nivel de esbozo o idea. La tarea de este grupo interdisciplinario era precisarlos y verificar si estaba debidamente considerando el uso del medio propuesto o si era más adecuado otro para explicar el concepto deseado. Después de varias sesiones, se definían todos los equipamientos y la museografía. También se decidía si se realizarían actividades complementarias como demostraciones, una obra de teatro o un taller de ciencia. Los productos obtenidos en esta etapa fueron guiones de video e hipermedia, diseño de aparatos, propuestas de cédulas, gráficos e ilustraciones, esbozos de obras de arte que formarían parte de la exposición, primeras versiones de actividades a realizarse como piezas de teatro, demostraciones y talleres. También se definía si existían requerimientos específicos para ser considerados en la construcción: un foro, un área de demostración, zona de talleres, bodegas o cualquier aparato o conjunto de aparatos que necesitaran una instalación especial. Con esta información, el Gabinete de Museografía proyectaba la planta museográfica de la exposición, ubicando cada uno de los equipamientos con base en una coherencia temática y tomando en cuenta todas las especificaciones de instalación. Cada uno de los gabinetes aportaba los datos necesarios para la estimación del presupuesto y tiempo requerido para la construcción de los equipamientos (Becerra, *et. al.* 1995).

Con el proyecto en este estado se hacía otra reunión con los directivos, quienes evaluaban la exposición como un todo, considerando los objetivos, la coherencia temática, los diseños, los costos y el tiempo. Una vez incorporadas las observaciones como consecuencia de esta reunión se comenzaba una nueva etapa.

Etapa de construcción y montaje:

Esta etapa incluye un periodo de diseño avanzado, en la cual se cuenta ya con prototipos de los equipamientos en un estado muy cercano a la versión definitiva. En nuestro caso, el objetivo de esta última fase de diseño fue obtener una propuesta del futuro equipamiento con un alto grado de definición, para su discusión tanto con los científicos, como con el equipo de planeación, antes de proceder a la construcción del mismo. Esta práctica es indispensable porque es posible que todavía se den algunos problemas de interpretación por parte de los realizadores, o que los científicos no hayan podido transmitir adecuadamente su idea.

Así, el Gabinete de Ingeniería desarrollaba los planos constructivos para cada equipamiento y construía prototipos para que fueran manipulados y analizados por personal del Museo y por el público; el Gabinete de Audiovisuales filmaba y grababa videos; el de Fotografía desarrollaba sus propuestas fotográficas y diaporamas; el de Cómputo trabajaba en la programación de hipermedios; Medios Escritos redactaba cédulas informativas e instructivas y el Grupo de Arte interactuaba con los artistas que contrataría, para transmitir la idea que se debería plasmar en la obra de arte. A lo largo de este proceso, versiones intermedias de estos productos fueron presentados tanto a los científicos como al Gabinete de Planeación para vigilar que no se presentaran desviaciones de los objetivos o que no se introdujeran errores de tipo conceptual o didáctico. Esta labor conjunta entre los gabinetes realizadores, los científicos y Planeación, corresponde a la *evaluación formativa*. Durante esta fase del proyecto, se solicitaba la opinión de personal del Museo, así como de visitantes potenciales, sobre el equipamiento que se encuentra en proceso para que fuera examinado desde la perspectiva técnica, didáctica y estética e incorporar las modificaciones pertinentes.

Paralelamente, el Gabinete de Museografía proyectaba los planos ejecutivos mientras se acondicionaba el local para el montaje. Semanalmente, se llevaban a cabo reuniones de seguimiento al proyecto, revisando tareas y estableciendo compromisos (Becerra *et. al.*, 1995). Finalmente, se procedía al montaje de la exposición.

En la última etapa, el responsable científico, junto con el Grupo de Planeación, capacitaba a los anfitriones que atenderían al público. La capacitación que recibían los anfitriones fue variada, por un lado, se les preparaba para que conocieran y manejaran la exposición perfectamente en cuanto a objetivos, contenido y uso de equipamientos. En ocasiones requerían de algún curso especializado, cuando los prerrequisitos para conocer el tema, incluían aspectos de otras disciplinas que no estuvieran ya incluidos en su formación profesional. Por ejemplo: la de educación sexual para la Sección de Enciclopedia de la Reproducción de UNIVERSUM, a la cual se le dio un enfoque multidisciplinario y no sólo el biológico. Además, como ya se mencionó, se les

presentaban los resultados obtenidos del estudio que se realizó sobre el público meta durante la evaluación previa y se les preparaba para adaptar el mensaje de acuerdo al nivel e intereses del público tomando en cuenta esta información. Por último, todos participaban en un taller de voz y expresión corporal y en el caso de que tuvieran que participar en algún espectáculo, se les ofrecía cierta instrucción de tipo teatral.

Etapa de ocupación:

Esta etapa comienza con la inauguración de la exposición y al mismo tiempo se inicia la evaluación sumaria. En UNIVERSUM, el grupo de Evaluación, que hasta este momento se había mantenido ajeno a todo el proceso creativo, recogía las opiniones de expertos externos al Museo sobre el contenido científico y los aspectos técnicos. Además, por medio de encuestas, entrevistas y seguimientos de trayectoria obtenían la opinión del público en forma directa e indirecta.

Los demás gabinetes revisaban si los equipamientos que estuvieron a su cargo cumplían con su cometido en cuanto a mensaje y operación. También se realizaban encuestas con el público para analizar su estado de conocimiento antes y después de la exposición, así como qué fue lo que entendieron en cada equipamiento particular. Toda esta información se vertía en una reunión de evaluación en la cual participaban todos los involucrados y la dirección y se decidían las modificaciones requeridas.

Se iniciaba así la fase de evaluación remedial. En ocasiones estas modificaciones eran relativamente sencillas, ya fuera de los equipamientos mismos o alrededor de estos. Pero otras veces fue necesario hacer una modificación mayor, desechar equipamientos y construir otros bajo un nuevo diseño que cumpliera mejor con los objetivos propuestos o que resistieran mejor la manipulación. Toda esta experiencia fue de gran utilidad, no sólo para hacer los cambios pertinentes a la exposición que se evalúa, sino también para ser tomada en cuenta para futuras exposiciones.

Al cabo del tiempo, fue necesario continuar evaluándolas diariamente para darles mantenimiento. Periódicamente se realizaba una evaluación más profunda para actualizarlas desde el punto de vista científico, didáctico, técnico y museográfico. Como resultado de estas evaluaciones, algunas salas del Museo han sido modificadas y otras han sido remodeladas por completo.

4.5 UNIVERSUM HOY

Desde su inauguración, el 12 de diciembre de 1992, el personal del Museo se ha mantenido en una actividad permanente. Se continuó con la construcción de equipamientos, la apertura de nuevas secciones y la modificación de otras. Hoy en día, cuenta con doce salas: Estructura de la materia, Matemáticas, Energía, Biodiversidad, Química, Cosechando el sol, Conciencia de nuestra ciudad, Biología humana, Una balsa en el tiempo, Ecología, el Universo e

Infraestructura de una nación. Varias de estas salas cuentan con subsecciones. Se incorporó también el ecosistema del pedregal de la ciudad universitaria con la Senda ecológica y se cuenta con una milpa en la cual se muestran diferentes cultivos. El día del tercer aniversario del Museo, se inauguró la Casita de la Ciencia, en donde se imparten cursos y talleres con temática variada, para personas de diferentes edades.

El Museo se convirtió en un auténtico centro de divulgación de la ciencia. Continuamente se ofrecían cursos de actualización; talleres para niños y jóvenes, conferencias, videos, charlas y exposiciones temporales. Se han celebrado diversos eventos académicos en el mismo, incluyendo conferencias magistrales impartidas por destacados científicos, incluyendo tres ganadores del Premio Nobel.

Todos los días se daban una gran cantidad de demostraciones presentadas por los anfitriones y numerosas visitas guiadas. Se han desarrollado y puesto en escena diez obras de teatro científico, la mayoría con más de 100 representaciones.

El Museo mantiene un intercambio académico con otros museos e instituciones que realizan divulgación y ofrece asesorías y ha construido equipamientos para otros museos de México y del extranjero. Ha extendido sus fronteras más allá de su sede en ciudad universitaria. En noviembre de 1996, abrió sus puertas el Museo de la Luz, en el Centro Histórico de la ciudad y en julio de 1997 se inauguró la Sala Sistema Tierra en el Museo de Geología; ambos proyectos fueron desarrollados por el equipo que hizo *UNIVERSUM*. El Museo de la Luz también es operado por este grupo.

Una parte importante del público que visita el Museo, es estudiantil, de todos los niveles educativos ya sea en grupos escolares ó enviados por algún maestro para realizar una tarea. Se mantiene una estrecha relación con todo el Sector Educativo a través de diversos acuerdos de colaboración. También se han impartido cursos a maestros, de todos los niveles, para que aprendan a utilizar el museo como apoyo didáctico.

Hacia finales de 1997, el Centro de Comunicación de la Ciencia (CUCC), del cual dependían tanto *UNIVERSUM* como el Museo de la Luz, se transformó en la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC) por mandato del entonces rector, el Dr. Francisco Barnés. Los museos dependen ahora de la Dirección de Museos de esta dirección general. La nueva administración de la dirección general impulsó una profunda reestructuración interna, por lo cual la organización que se describe, así como varios de los sectores mencionados en este capítulo ya no existen.

En abril de 1999, *UNIVERSUM* fue cerrado como consecuencia de la huelga estudiantil que se sostiene en la UNAM desde esas fechas. El Museo de la Luz, en cambio, ha resistido y ha evitado correr la misma suerte que *UNIVERSUM*. A pesar de la huelga, la Dirección de Museos lleva a cabo un programa de actividades extramuros que consiste básicamente en el desarrollo de exposiciones itinerantes y su montaje en diferentes sedes, así como actividades

diversas de divulgación (talleres y obras de teatro) en lugares públicos y escuelas.

CAPÍTULO V

UNA PROPUESTA PARA UTILIZAR EL MUSEO CÓMO APOYO DIDÁCTICO

5.1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de esta tesis se ha recalcado a importancia de considerar la experiencia interactiva completa al crear una exposición. Esto es, que la experiencia se inicia mucho antes de la visita, incluye la preparación que se haga para la misma y nunca se da por concluida porque se incorpora al bagaje de conocimientos y experiencias de cada persona, el cual se encuentra en continua evolución. Dentro del museo, como ya se vio, la experiencia depende de la interacción de los tres contextos: el personal, el social y el físico. El aprendizaje que resulta de esta experiencia es en tres terrenos: el cognitivo, el afectivo y el psicomotor.

Al planear una exposición es fundamental conocer al público potencial en cuanto a su composición social, niveles educativos, intereses, conocimiento previo del tema, así como sus dificultades potenciales para entenderlo. Cuando la exposición se presentará en un museo que ya está abierto, o en una sede que ya se ha utilizado, la información requerida puede provenir del público real que acude al recinto. Cuando el museo está por abrirse o la exposición será montada en una sede nueva, se requiere un análisis del sector de la población que se encuentra cerca o a una distancia accesible. La composición del público que visitará la exposición puede variar si se hace una promoción especial para atraer a sectores específicos de la población. También se ha visto que determinados temas resultan más o menos atractivos para ciertos grupos sociales. En cuanto al público estudiantil es útil saber si ese tema es parte del currículum y si es así, qué y cómo lo ven.

Una vez conocido el público potencial, se define el público meta para quien se planeará la exposición. Bajo condiciones ideales, como señala Roger Miles (1986) el público meta será un subconjunto del público potencial y seguramente del real también, porque este último suele ser bastante heterogéneo.

Por razones prácticas, al planear una exposición, el público que se tiene en mente se caracteriza por su homogeneidad. Si se conocen diversos aspectos de los futuros visitantes se pueden reducir las posibilidades de diseñar un producto poco atractivo, inaccesible y con problemas de interpretación. El primer punto a considerar es su nivel de maduración biológica e intelectual. Posteriormente, se procede a tratar de conocer sus intereses en el tema a desarrollar, así como su experiencia y conocimiento previo en el mismo. Puede ocurrir que el público meta desconozca por completo el tema propuesto, pero que tenga experiencias en áreas relacionadas, las cuales utilizará para la interpretación del mensaje que se le presente. Por ejemplo, una persona que nunca ha oído hablar de la fotosíntesis, si tiene cierta experiencia relacionada con las plantas y su crecimiento. Lo mismo ocurre con el tema de la electricidad; es posible que los

conceptos utilizados para su estudio le sean totalmente ajenos, sin embargo, la gran mayoría tiene experiencia con aparatos electrodomésticos. En ambos casos, el visitante recurrirá a estas experiencias de su vida cotidiana para tratar de entender una presentación más "académica" del tema. Cuando si existe un cierto conocimiento previo, no es suficiente conocer sólo el contenido de estas ideas, también es importante saber cómo están estructuradas y con qué otros conceptos están conectadas. Es importante recordar que las mismas palabras pueden tener un significado "académico" y otro de sentido común y que muchos visitantes utilizarán este segundo en la interpretación del mensaje. Al planear una exposición utilizando estos resultados, es conveniente conocer la "fuente" de estas ideas, sobre todo cuando no coinciden con las que se quiere comunicar, para detectar posibles fallas en la forma en que fueron transmitidas y así evitarlas.

Al crear la experiencia interactiva se recomienda incluir elementos que sean atractivos para un público más amplio que el público meta y tomar en cuenta que existen diferentes estilos de aprendizaje y tipos de inteligencia. La evaluación formativa, la que se lleva a cabo durante la fase de diseño a versiones preliminares de los productos, ayuda a disminuir considerablemente el margen de error con prototipos que son de interés para el usuario, comunican adecuadamente lo intencionado, son factibles de ser manipulados de la manera correcta y con seguridad, así como otros factores que deben conocerse antes de proceder a la realización del producto final.

La experiencia interactiva puede incluir también otros elementos como actividades complementarias y materiales de apoyo. Ejemplos de actividades complementarias son: talleres, demostraciones, espectáculos y obras de teatro relacionados con el tema de la exposición. En cuanto a materiales de apoyo se pueden elaborar folletos, libros, trípticos y juegos dirigidos a públicos con diferentes necesidades. Estos materiales pueden estar disponibles en la exposición misma, en la biblioteca del museo o se pueden vender. Son particularmente útiles para evitar que los estudiantes pierdan el tiempo copiando las cédulas para dedicarse a actividades de mayor provecho. Es conveniente contar con materiales de apoyo para cada grado escolar, en los cuales se relaciona el contenido del museo con el programa de estudios.

Otro elemento de suma importancia es el personal del museo que está en contacto con el público: el que lo recibe, el que lo orienta, el que lo ayuda a que el mensaje se adapte a sus necesidades y el que desarrolla las actividades complementarias. Un anfitrión entusiasta y conocedor de lo que el museo ofrece puede tener un impacto decisivo en la experiencia del visitante, más importante que los equipamientos mismos en ocasiones. Puede ocurrir también lo contrario, que el visitante se encuentre con una persona que no es atenta y que está mal preparada, y que este factor sea decisivo para que se lleve una mala impresión.

Todo este personal, especialmente los anfitriones, requieren una capacitación en diversas áreas para desempeñar bien su labor. Esta instrucción no debe ser exclusiva para los que atienden al público, sino que debe ser extensiva a todos los que trabajan en el museo. Por supuesto, la capacitación que se precisa depende del trabajo que realiza cada sector. Un aspecto que debe ser

común a todos es que todos deben conocer y ser sensibles a la misión que se tiene (Ucko, 1992)⁸⁵, la cual servirá para guiar todas las acciones: la creación, la operación, la relación con otras instituciones y la capacitación misma. El personal de vigilancia y de atención al público tiene que estar al tanto de todas las actividades que se ofrecen para poder orientar al público, tiene que conocer la ubicación de cada una de las áreas del museo y tener nociones del contenido de éstas. Los anfitriones, los encargados de adaptar lo que se ofrece a los intereses y necesidades de cada uno de los visitantes en función de sus características particulares, requieren una capacitación mucho más amplia y especializada, como se comentó en la sección 3.4.4.

Los anfitriones pueden contribuir al proceso de retroalimentación aportando información de primera mano sobre el público en cuanto a cómo operan los equipamientos, qué les interesa, cómo interpretan las explicaciones y qué les gustaría saber, por lo cual es conveniente consultarlos al hacer la evaluación e involucrarlos en la creación de futuras exposiciones.

Para terminar, debido a que un sector importante del público es el estudiantil que acude al museo como una actividad escolar, es recomendable crear un canal de comunicación con los maestros y trabajar lo más estrechamente posible con ellos para que puedan obtener el máximo provecho del potencial didáctico de cada exposición.

Esta vía de comunicación funciona en las dos direcciones: de los docentes hacia el museo y del museo hacia los docentes. Los maestros pueden ofrecer información de primera mano sobre el currículum, cómo abordan ciertos temas, y cómo aprenden sus alumnos y qué les interesa. El museo puede ofrecer información científica más actualizada, con recursos que muchas veces no se tienen en el aula, mostrar nuevas formas de abordar los temas y un ambiente en cual las personas pueden acercarse al conocimiento de una manera distinta.

Aunque es recomendable crear exposiciones para un público más amplio y heterogéneo que el escolar, la experiencia obtenida a través de esta relación con el sector educativo puede convertirse en un apoyo importante para el desarrollo de la experiencia interactiva, desde la etapa de planeación hasta la de retroalimentación. En este capítulo se presentan dos ejemplos sobre cómo se pueden aplicar los resultados de esta relación, en los cuales se emplean los referentes teóricos que se han desarrollado a lo largo de esta tesis. El primer ejemplo es una exposición itinerante sobre electromagnetismo cuyo público meta son los estudiantes del bachillerato y el segundo es un programa de trabajo con maestros de diferentes niveles para que empleen el museo como una herramienta didáctica.

⁸⁵ Ucko, D. (1992). "Mission not impossible". *A New Place for Learning Science*. Association of Science and Technology Centers. Washington, D.C., pag. 29.

5.2 UNA EXPOSICIÓN SOBRE ELECTROMAGNETISMO

5.2.1 Descripción de la exposición

Justificación.

La teoría del electromagnetismo es fundamental para entender muchos aspectos de la ciencia y la tecnología. Las aplicaciones de esta teoría son un elemento esencial de la vida moderna: los aparatos electrodomésticos, la iluminación artificial y las telecomunicaciones. Todas las industrias, así como la investigación científica y técnica dependen del electromagnetismo. Los fenómenos eléctricos están presentes en nuestro cuerpo y en el de la mayoría de los seres vivos. Son la base de muchas de nuestras funciones fisiológicas y neurológicas. Existen organismos, como las anguilas eléctricas, que utilizan la electricidad como medio de defensa y otros como las bacterias magnéticas que se orientan con el campo magnético de la tierra para sobrevivir.

Dada su importancia, este tema es uno de los centrales del currículum en física, a cualquier nivel. Sin embargo, a pesar de que se estudia en varios cursos, presenta una serie de dificultades para su comprensión. Existen esquemas alternativos, que no coinciden con las explicaciones académicas y que se presentan con mucha frecuencia en un sector amplio de la población. Por lo anterior, se consideró que sería una gran aportación tanto a la cultura de la población general y muy específicamente a la del sector estudiantil, contar con una exposición sobre este tema. Esta ayudaría a comprender estos fenómenos, a esclarecer dudas y a vislumbrar que la electricidad está en todas partes.

Público meta

El público meta para esta exposición son los estudiantes de bachillerato debido a que es un tema fundamental en su currículum. Este sector de la población es particularmente interesante porque están en edad de decidir su futuro profesional. Una cultura científica básica es necesaria para cualquier futuro ciudadano, tanto como para los que eligen una carrera científica o técnica como para los que optan por una actividad totalmente diferente. En el caso de los últimos, seguramente sus oportunidades para obtener este tipo de información, una vez que salgan de la escuela, será escasa; de ahí la importancia de que alcancen un cierto nivel cultural, en particular en relación a la ciencia, durante esta etapa de su vida.

Por otro lado, si la exposición se diseña para un público cuyo nivel de comprensión y de lectura es el mencionado, se estará abarcando una proporción grande del público. Como ya se dijo, de acuerdo al V informe de gobierno del Presidente Zedillo, en 1999, el nivel promedio de escolaridad en México es de 7.7 años (V Informe del Presidente Zedillo, 1999). Por lo tanto se puede suponer que el nivel de lectura promedio de la población es de secundaria; los menores generalmente van acompañados de adultos que les leen las cédulas y les ayudan a comprender lo expuesto.

Objetivos de la exposición

Los objetivos de esta exposición son los siguientes:

- a) Presentar ejemplos de fenómenos electromagnéticos. Se pretende que el visitante observe varios efectos relacionados con estos fenómenos.
- b) Dar algunos conceptos básicos del tema. En las explicaciones de los efectos observados, se introducen algunos conceptos fundamentales.
- c) Mostrar la relación entre el electromagnetismo y la vida cotidiana. Con este objetivo, se busca que el visitante se percate de que estos fenómenos están presentes en muy diversos aspectos de su vida.
- d) Exhibir algunas aplicaciones tecnológicas. En este punto se hará un énfasis particular en aparatos que el visitante conoce, como los electrodomésticos y aparatos que se usan regularmente en el trabajo.

Propuesta museológica y museográfica

Se consideró conveniente diseñar una exposición itinerante que pudiera llegar al público que por motivos diversos no puede ir a UNIVERSUM. También se pensó que sería pertinente que ésta pudiera circular entre escuelas del nivel medio superior como sedes principales.

Debido a que el tema es muy extenso se propuso dividir la exposición en secciones, cada una con una coherencia temática y museográfica. Esta división tiene dos ventajas: a) mayor flexibilidad de montaje; esto es el que se pueda manejar la exposición completa, o por partes, incluso combinaciones de éstas, de acuerdo a los intereses de los solicitantes y las condiciones de espacio de la sede y b) la posibilidad de contar con varias exposiciones sobre el tema para circular entre las diferentes sedes.

Cada una de estas secciones contaría además con varios talleres que complementan la información presentada y que ayudan al usuario a una comprensión más profunda del tema. Los talleres son actividades dirigidas, en las cuales cada visitante realiza un experimento o construye algún mecanismo que se basa en los principios del tema. La mayoría de los ingredientes requeridos para estos talleres son de bajo costo, fácil adquisición o son materiales reciclables con el fin de que el sujeto pueda repetir la actividad fácilmente. Este recurso es particularmente útil para maestros que no cuentan con laboratorios adecuados. Además, el hecho de que se utilicen materiales que son familiares para el usuario le permite involucrarse más rápidamente con los conceptos que se presentan porque que no pierde el tiempo tratando de entender el funcionamiento de aparatos o dispositivos que le resultan ajenos.

Los temas propuestos para estas secciones son: a) electrostática, b) corriente eléctrica y circuitos eléctricos, c) magnetismo y d) electromagnetismo. A grandes rasgos el contenido de cada una de estas exposiciones sería el siguiente:

Sección 1: Electroestática

Los conceptos básicos que se proponen son: cargas eléctricas, modelo contemporáneo utilizado para explicar a qué se deben las chispas y toques, fuerzas de atracción y repulsión entre cargas eléctricas y polarización.

Algunos equipamientos que se podrían utilizar para explicar estos conceptos son: escalera de chispas, máquina electrostática de chispas, máquina electrostática de toques, Van de Graff, bobina de Tesla y motor de repulsión electrostática.

Sección 2: Corriente eléctrica

En esta sección los conceptos propuestos son: corriente eléctrica, principio de conservación de la carga, materiales aislantes y conductores, circuitos eléctricos, pilas y la ley de Ohm.

Algunos de los equipamientos propuestos para ilustrar estos conceptos son: mesa de toques eléctricos, pilas electroquímicas diversas, reproducción de la pila de Volta, cinescopio, equipamientos para explicar la ley de Ohm, muestra de materiales conductores y aislantes, muestras de pilas de diferentes tamaños y una batería de auto.

Sección 3: Magnetismo

Los conceptos propuestos son: imanes, materiales ferromagnéticos y no ferromagnéticos, fuerzas de atracción y repulsión, campo magnético y magnetismo terrestre.

Algunos de los equipamientos propuestos son: muestras de diferentes imanes manipulables por el público; la brújula (con una explicación sobre cómo funciona); muestras de materiales magnéticos y ferromagnéticos, un modelo del campo magnético terrestre y aplicaciones del magnetismo en la biología, por ejemplo: bacterias y algas magnéticas.

Sección 4: La relación entre electricidad y magnetismo

Los conceptos básicos a desarrollar en esta sección son: el experimento de Oersted que muestra la relación entre la electricidad y magnetismo; una bobina y su campo magnético; ley de Faraday y principios básicos del funcionamiento de motores.

Muchos de los equipamientos propuestos para estas cuatro secciones existen en UNIVERSUM, y sólo requieren un nuevo diseño que facilite la transportación de los mismos para poder funcionar como exposición itinerante.

Sugerencias para el desarrollo de la exposición

1. Utilizar ejemplos que muestren la presencia de fenómenos eléctricos y magnéticos en otros contextos y no sólo sus aplicaciones a aparatos electrodomésticos, aunque esto también es recomendable. Lo importante es que el visitante no se vaya con la idea de que la electricidad es un invento del hombre con fines prácticos exclusivamente. Así por ejemplo se sugiere hablar de los fenómenos eléctricos en el cuerpo humano y en otros organismos como la anguila eléctrica o la mantarraya. En cuanto a magnetismo algunas ideas que se podrían presentar son el campo magnético terrestre y cómo ciertos organismos como las bacterias magnéticas⁸⁶ utilizan este campo magnético para sobrevivir⁸⁷.

2. Mostrar el desarrollo histórico de las ideas sobre este tipo de fenómenos. Este abordaje hará ver al visitante que la ciencia se encuentra en continua evolución y que no es algo acabado. Además, las explicaciones que daban científicos de otras épocas a los mismos fenómenos permite al espectador comparar esta manera de entender la naturaleza con la suya y descubrir las ventajas de los modelos contemporáneos. Algunos ejemplos podrían ser:

- Enseñar cómo los fenómenos eléctricos eran sólo un juego divertido en las cortes europeas del siglo XVIII.
- Reproducir algunos de los experimentos o aparatos históricos como la botella de Leyden ó la pila de Volta.
- Incluir aparatos viejos o antiguos, como radios, televisores, fonógrafos y teléfonos, con el fin de mostrar el desarrollo tecnológico y ofrecer un puente que incite al diálogo entre viejas y nuevas generaciones.
- Exhibir información y si es posible elementos, como fibras ópticas, que muestren la dirección en que va evolucionando este campo de la ciencia y sus futuras aplicaciones.

3. Evitar el uso de los diagramas tradicionales utilizados en los libros de texto para explicar los circuitos eléctricos, ya que estos requieren de cierto entrenamiento para su interpretación. En vez de estos diagramas, se pueden emplear esquemas con fotografías de los aparatos reales sobre los cuales se dibujan los circuitos.

4. Evitar las analogías hidrodinámicas que se usan en los libros de texto para explicar conceptos de la electricidad, ya que estos también requieren de un cierto entrenamiento para su interpretación y ésta frecuentemente es errónea. Insistir tanto gráficamente como por escrito en que los circuitos eléctricos tienen que estar cerrados para que circule la corriente.

⁸⁶ Blakemore, R. y R. Frankel (1981). "Magnetic Navigation in Bacteria". *Scientific American*. Vol. 245, no. 6.

⁸⁷ Frankel, Blakemore, Torres Araujo, Esquivel y J. Danon (1981). "Magnetic Bacteria at the Geomagnetic Equator". *Science*. Vol. 212, pags. 1269-1270.

Nota: Las sugerencias 3 y 4 son resultado del estudio de público que se hizo en relación al tema de corriente eléctrica. Este estudio se presenta en la siguiente sección.

5.2.2 ESTUDIO DEL PÚBLICO META EN RELACIÓN AL TEMA

Como ya se ha mencionado en repetidas ocasiones, una parte fundamental de la etapa de planeación es el análisis previo del público meta en cuanto a sus intereses en el tema, conocimiento inicial del mismo, la forma en que está estructurado este conocimiento y principales dificultades para comprenderlo. Cuando no se llevan a cabo este tipo de estudios, se corre el riesgo de que el producto final no comunique adecuadamente lo deseado. Existe la tendencia de utilizar las mismas explicaciones que han sido erróneamente interpretadas por los sujetos, por lo cual se estará reforzando los esquemas no científicos en vez de contribuir a su transformación hacia modelos más aceptables.

No se requiere hacer un estudio exhaustivo, con grandes muestras, para los fines mencionados, puesto que los esquemas alternativos, cuando estos se presentan suelen ser, como ya se vio, universales, con algunas variantes locales para ciertos temas. Por lo tanto, se puede tener una buena aproximación del público meta mediante una revisión de lo que está reportado en la literatura, complementada con encuestas a una muestra pequeña de personas con las características del público meta para analizar si se repiten las mismas ideas y esquemas o si existen variantes locales.

Para ejemplificar un análisis previo del público y cómo se aplica esta información al desarrollo de una exposición, se presenta un estudio realizado para detectar las ideas de los sujetos en relación a la corriente eléctrica y los circuitos eléctricos. Los conceptos que se presentan en la sección 1 de esta exposición son fundamentales para entender la electricidad; sin embargo, en nuestra vida cotidiana el contacto con estos fenómenos no es con las cargas estáticas sino con las cargas en movimiento, esto es la corriente eléctrica. La electricidad que se emplea en las casas, en las fábricas y en la calle nos llega por medio de cables de conducción desde un lugar, seguramente lejano, en donde se genera la corriente eléctrica. Los aparatos electrodomésticos funcionan porque circula a través de ellos una corriente eléctrica. Otra manifestación, menos evidente pero más importante, es la que ocurre en nuestro cuerpo: los estímulos producidos por el sistema nervioso son corrientes eléctricas. Cuando un médico analiza un electrocardiograma o un electroencefalograma lo que hace es estudiar las corrientes eléctricas en el corazón o en el cerebro⁸⁸.

Por lo tanto, este concepto es fundamental en el estudio de la naturaleza y es particularmente interesante en el terreno de la investigación educativa porque todo el mundo tiene una experiencia práctica y cotidiana al respecto. Sin embargo, a pesar de esta aparente familiaridad pocos han reflexionado sobre qué es la corriente eléctrica y cómo funcionan los aparatos que la emplean, por lo cual

⁸⁸ Cetto, A. M., H. Domínguez, J. M. Lozano, R. Tambutti y A. Valladares (1979). *El Mundo de la Física. Corrientes eléctricas y fenómenos electromagnéticos. Tema 8.* Ed. Trillas.

se han encontrado diferentes esquemas alternativos para explicarla, generalmente incompatibles con el conocimiento científico y que dificultan la comprensión de estos fenómenos eléctricos. A continuación se hará una breve descripción de los esquemas alternativos más comunes sobre corriente eléctrica.

5.2.2.1 Modelo académico

Se inicia esta presentación con un resumen de la explicación académica o correcta del tema con el fin de utilizarlo como punto de referencia al comparar las ideas científicas y las del ciudadano común. Cabe destacar que desde el punto de vista del marco teórico de esquemas alternativos, el modelo académico no se debe utilizar para calificar las explicaciones de las personas y que el marco de referencia para analizarlas debe ser el conjunto de esquemas propios del sujeto sobre el tema en cuestión u otros relacionados con el mismo. También es necesario recordar que aun cuando la terminología que se emplea es la misma que la "académica", ésta puede tener un significado distinto al científico.

Es conveniente tener presente el modelo académico sólo para comparar los esquemas que presentan los sujetos y ver qué tan alejados se encuentran de éste. Además, en el caso que nos ocupa, éste será el modelo que se utilice como la meta final para el cambio conceptual y por lo tanto para desarrollo de la exposición. Por lo cual a continuación se hará una breve presentación de los conceptos fundamentales requeridos para entender qué es la corriente eléctrica.

Para comenzar este modelo, se parte del supuesto de que todos los cuerpos están formados por átomos que son las partículas más pequeñas que pueden existir de un elemento. El átomo tiene tres partículas fundamentales: los protones, los neutrones y los electrones. Los protones y los neutrones conforman el núcleo del átomo el cual está rodeado por los electrones. Los protones y los electrones tienen una propiedad que se llama carga eléctrica y que se llama convencionalmente positiva para los primeros y negativa para los segundos. Los neutrones no tienen carga. Las cargas originan interacciones o fuerzas eléctricas de manera que las del mismo signo se repelen y de signos contrarios se atraen. Un átomo completo tienen el mismo número de electrones que de protones por lo cual es eléctricamente neutro. En los sólidos los protones están fijos y en algunos casos los electrones presentan cierta facilidad para desplazarse dentro del material. Por lo tanto, un átomo puede perder electrones, convirtiéndose en un ion positivo debido a que queda cargado positivamente, o puede ganar electrones convirtiéndose en un ion negativo por su carga negativa.

Los cuerpos están constituidos por una multitud de átomos, generalmente con carga neutra. Sin embargo, si el cuerpo gana o pierde electrones queda cargado negativa o positivamente, respectivamente. Los cuerpos se pueden cargar por frotamiento o por contacto con otro cuerpo ya cargado. En ambos casos pasan electrones de un cuerpo a otro.

Como ya se comentó, en el interior de algunos cuerpos los electrones pueden moverse con facilidad. Estos cuerpos reciben el nombre de conductores.

Lo metales son buenos conductores, al igual que ciertas soluciones de ácidos, bases o sales. Los mejores conductores son la plata y el cobre.

Los materiales que presentan dificultad al paso de los electrones reciben el nombre de aislantes. Estos son materiales no metálicos como el vidrio, la porcelana y los plásticos. Los aislantes se usan para proteger a los materiales conductores.

Los aparatos eléctricos y electrónicos están formados por un conjunto de piezas colocadas de cierta manera y conectadas entre si por medio de materiales conductores. A este arreglo de piezas y conductores se le denomina circuito eléctrico. Al pasar corriente eléctrica a través de este circuito se hace funcionar el aparato. Para que la corriente circule, todos los elementos que componen el circuito deben estar conectados entre si, y cuando esto ocurre se dice que el circuito está "cerrado". Si se desconecta uno de los elementos del circuito, por ejemplo al accionar el interruptor, el circuito se abre y deja de circular la corriente a través del mismo. Otra condición para que se establezca una corriente eléctrica es que exista una diferencia de potencial entre dos puntos de este circuito debido a que las cargas siempre se mueven hacia las regiones que tienen menor energía potencial. En resumen la corriente eléctrica es un flujo de cargas eléctricas que se desplazan de manera ordenada a través de un material conductor cuando se aplica una diferencia de potencial entre dos puntos de este.

5.2.2.2 Esquemas alternativos reportados en la literatura en relación al concepto de corriente eléctrica

A continuación se reportan las ideas y esquemas alternativos más comunes reportados. Se encontró que los términos de electricidad y corriente eléctrica son bastante familiares para la mayoría de las personas aunque las ideas que manifiestan sobre los mismos sean muy diferentes a lo que se enseñan comúnmente en la escuela. En un estudio realizado por Solomon (Solomon, *et. al.*, 1985)⁸⁹ y Tallant (1993)⁹⁰ estos encontraron que los niños entre 11 y 14 años le temen a la electricidad. Los autores comentan que este miedo obedece a que los equipos eléctricos y electrodomésticos generalmente llevan una leyenda de precaución, no tocar o peligro. Considero que este temor no es exclusivo de los niños y jóvenes. Otra diferencia importante entre las explicaciones científicas y las cotidianas es el significado de los términos empleados para referirse a todo lo relacionado con la electricidad. Al hablar de los fenómenos eléctricos, en particular la corriente eléctrica, las personas suelen utilizar diferentes palabras como si fueran sinónimos. Algunas de estas palabras son electricidad, energía, corriente, fuerza, carga y voltaje (Driver, 1985;⁹¹ y Solomon, *et. al.*, 1985). Cada uno de estos términos tiene un significado determinado en la física y no son sinónimos. Aquí es importante realizar un estudio local puesto que el conjunto de palabras que se utilizan para referirse a lo mismo varían según el idioma y el país.

⁸⁹ Solomon, *et. al.* 1985

⁹⁰ Tallant (1993)

⁹¹ Driver, R. (1985)

En México se podría agregar la palabra "luz" a esta lista, ya que frecuentemente se emplea como sinónimo de corriente eléctrica.

Es común encontrar que los alumnos consideren que la electricidad es una especie de fluido que se almacena en una batería y que ésta se va acabando con el uso. A este "modelo" o "esquema" se le ha denominado el "modelo de fuente-consumidor" ya que consideran que existe una fuente (batería) y un consumidor como un foco, un aparato, un juguete o un motor (Driver, 1985; Tallant, 1993). Este esquema alternativo "fuente-consumidor" se podría considerar "universal", puesto que Shipstone (1988)⁹² reporta que se encuentra en adolescentes de diferentes países como Inglaterra, Francia, Alemania, Suecia y Holanda. Más adelante se verá que también se encuentra en México. Este modelo es contrario al de la física en el cual se considera que la corriente se conserva.

Fierro (1996)⁹³ hace una recopilación de algunos submodelos del esquema fuente-consumidor reportados en la literatura, los cuales se ponen de manifiesto al tratar de explicar cómo enciende un foco en un circuito simple compuesto por una pila, un foco y alambre conductores. A continuación se mencionan algunos de estos:

a) Modelo científico (fig. V 1 a) (llamado así porque es el correcto desde el punto de vista de la ciencia). La corriente eléctrica es un flujo de cargas eléctricas en movimiento ordenado que circulan a través de un material conductor. Ésta fluye de la batería al foco y del foco se regresa a la batería.

b) Esquema unipolar (fig. V 1b). Los sujetos consideran que en el cable de retorno (el que va del foco a la pila) no hay corriente. Cuando se les pregunta cuál sería la función de este segundo cable responden que es un "cable de seguridad".

c) Esquema de colisión de corrientes (fig. V 1c). Los sujetos que presentan este modelo consideran que la corriente fluye hacia el foco desde las dos terminales de la batería, y cuando estas dos corrientes se encuentran en el foco; éste se enciende y la corriente se consume.

Al complicar un poco más el circuito agregando un segundo foco es posible explorar otros aspectos del esquema "fuente-consumidor".

d) Esquema de atenuación (fig. V 1d) La corriente sale de la batería y fluye en una sola dirección. Parte de esta corriente eléctrica es "consumida" por el primer foco, y como llega menos corriente al segundo foco, éste debe brillar menos y a la batería regresará menos corriente que la que salió.

e) Esquema de corriente repartida (fig. VI 1 e). En este modelo la observación es correcta, sin embargo la explicación no coincide con la científica. Los sujetos contestan que el primer foco (el que está más cerca del lado positivo de la pila) recibe más corriente que el segundo foco; sin embargo, ambos elementos brillan igual.

⁹² Shipstone, (1988).

⁹³ Fierro, E. (1996). *Análisis de los esquemas alternativos sobre el concepto de corriente eléctrica que presentan estudiantes del nivel medio superior*. Tesis para obtener el título de físico. Facultad de Ciencias, U.N.A.M., noviembre de 1996.

La explicación de la observación anterior es que la corriente se conserva: la que sale de la batería, pasa a través de los elementos del circuito (uno o dos focos, o cualquier otro elemento) y regresa a la batería. La pila es un dispositivo que convierte energía química en eléctrica; una vez que la reacción termina, la pila queda inutilizada⁹⁴. En términos coloquiales se dice que la pila ya se gastó, lo cual se interpreta como que ya se acabó la energía. Esta experiencia cotidiana lleva a esquemas como el que se reporta.

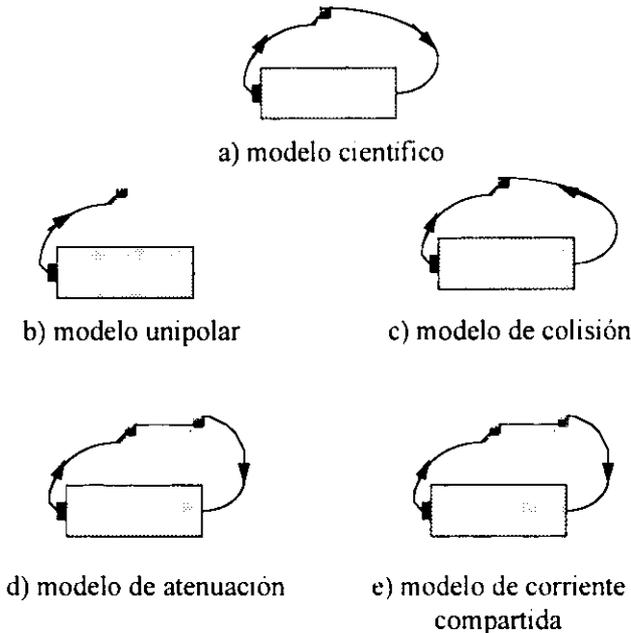


Fig. 5 1 Esquemas de corriente eléctrica en circuitos sencillos

Se detectan otros aspectos de estos esquemas alternativos cuando los sujetos tratan de explicar el funcionamiento de circuitos más complejos o cuando intentan armar uno. A continuación se mencionan algunas de las ideas más comunes. Shipstone encontró que cuando un circuito tiene una resistencia, los alumnos consideraban que la posición que ocupaba ésta en un circuito influye en la intensidad con que brilla un foco. Uno de los casos analizados pone de manifiesto este esquema (ver fig. V.2). El circuito estaba compuesto por una batería, una resistencia R_1 , un foco y una resistencia R_2 . Los entrevistados

⁹⁴ Félix, E. A., J. de Oyarzabal y M. Velasco (1972). *Lecciones de Física*. Cap. 43. Ed. CECSA. México, España, Argentina y Chile.

consideraban que mientras mayor sea el valor de la resistencia R_1 , menor será la intensidad con que brilla el foco, y mientras menor sea el valor de esta misma resistencia, mayor será la intensidad de brillo del foco. En cambio, el valor de la resistencia R_2 no afecta el brillo del foco puesto que este se encuentra después de la resistencia. Nuevamente, lo que se está observando es una aplicación del modelo de atenuación.

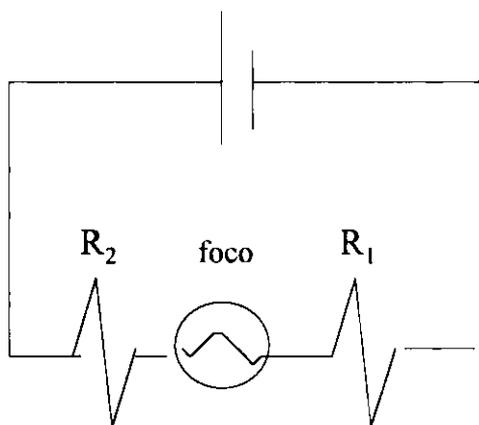


Fig. 5.2 Circuito con resistencia variable

En cuanto al voltaje, Psillos (1988) reporta que el voltaje es visto por alumnos griegos de secundaria como una propiedad de la corriente: si no hay corriente, no hay voltaje. Tallant (1993) encontró que profesores en formación (13 de 14 profesores) del Estado de Minnesota en Estados Unidos pensaban que la función de una batería es proporcionar corriente eléctrica, la cual puede fluir a través de conductores huecos. Esta idea es una aplicación del modelo del fluido en el cual se ve a la batería como una fuente que proporciona un fluido eléctrico y los conductores como mangueras a través de las cuales puede pasar este fluido. En el modelo científico, el voltaje no es una propiedad de la corriente, sino una condición para que exista. Esto es, para que la corriente se establezca debe existir una diferencia de potencial entre las terminales de la pila o entre los extremos del circuito.

5.2.3 METODOLOGÍA

Para conocer las ideas y esquemas alternativos de los sujetos en relación a la corriente eléctrica se utilizaron básicamente dos herramientas: un cuestionario escrito y posteriormente una entrevista personal sobre el mismo. La muestra seleccionada para este estudio fue de estudiantes del nivel medio superior y superior, el público meta de la exposición.

Las fuentes utilizadas para elaborar el cuestionario fueron varias: otros cuestionarios reportados en la literatura y que ya se habían aplicado en otros países, la asesoría de un experto en el tema, la asesoría de una investigadora en enseñanza de la física, así como nuestra propia experiencia en el aula y en divulgación de la ciencia. Se elaboraron tres cuestionarios distintos, los cuales se consideró que permitirían explorar diferentes aspectos de las ideas y posibles esquemas alternativos de los sujetos. Estos fueron aplicados al azar a personas de grados de preparación y con ocupaciones distintas con el fin de seleccionar las preguntas que aportaran mayor información, eliminar aquellas que aportaran poca o que se prestaran a confusiones y agregar preguntas que se creyeran necesarias. Se evitó formular las preguntas en términos "académicos" con el fin de que las respuestas no evocaran este contexto con respuestas memorizadas. Lo que se buscaba era obtener información sobre sus ideas en torno a la corriente eléctrica y el funcionamiento de los aparatos electrodomésticos.

Debido a las dificultades que tienen muchos alumnos para expresarse por escrito, las respuestas a los cuestionarios resultaron poco claros y difíciles de analizar. Para subsanar esta deficiencia se decidió entrevistar a cada uno de los alumnos sobre las respuestas escritas con el fin de obtener información más precisa y complementaria en relación a sus ideas y esquemas. A continuación se reproduce el cuestionario aplicado con sus respuestas "correctas" para facilidad del lector:

Cuestionario

Escuela: _____

Nombre : _____ Edad: _____

¿ Has estudiado electricidad ? sí () no ()

Si tu respuesta es afirmativa ¿ cuándo la cursaste?

1. ¿ Qué es la corriente eléctrica ?

Respuesta: La corriente eléctrica es un flujo de cargas eléctricas que circulan a través de un material conductor. En el caso de un conductor metálico esta corriente es la consecuencia del movimiento ordenado de electrones libres. En el caso de un conductor líquido o electrolito, la corriente consiste en el movimiento de iones positivos en un sentido y de iones negativos en el opuesto. Para que se dé este movimiento ordenado de cargas es necesario que exista una diferencia de potencial; las cargas eléctricas se mueven de la región de mayor potencial a otra de menor potencial.

2. ¿ Por qué crees que los cables de los aparatos electrodomésticos tiene dos alambres ?

Respuesta: Para unir dos regiones de diferente potencial (condición necesaria para que se establezca la corriente eléctrica) y para cerrar el circuito.

3. ¿ Por qué se necesitan dos terminales en las clavijas de los alambres de los aparatos eléctricos?

Respuesta: Las clavijas forman parte de los conductores eléctricos de los aparatos electrodomésticos, sirven para unir dos regiones con diferente potencial y para cerrar el circuito.

4. ¿ Por qué tienen los alambres una cubierta de plástico ?

Respuesta: El plástico es un aislante y al cubrir un alambre metálico con este material se impide que circule la corriente eléctrica por otro conductor (como nuestro cuerpo) que no sea el alambre mismo.

5. ¿ Qué es un corto circuito ?

Respuesta: La intensidad de la corriente eléctrica es inversamente proporcional a la resistencia eléctrica del material. Es decir, mientras mayor sea la resistencia del material al paso de la corriente eléctrica, menor será la intensidad de ésta y mientras menor sea la resistencia, mayor será la intensidad de la corriente. Si en un circuito existe un segmento de resistencia menor que el resto del circuito, la corriente eléctrica se irá por el camino de menor resistencia, y se hace un corto circuito. Al circular una corriente de mayor intensidad, puede llegar a generar suficiente calor como para fundir el alambre.

6. Al conectar un foco a los extremos de una pila por medio de unos alambres, el foco se prende. ¿ A qué crees que se deba este hecho ?

Respuesta: Cuando circula corriente eléctrica por el filamento del foco, el filamento se calienta y emite luz.

7. En un cuarto con un socket para un solo foco, ¿qué sucederá si no hay foco y una persona acciona el interruptor ?, ¿qué le sucede a la corriente eléctrica ? (Osborne, 1991)⁹⁵

Respuesta: El circuito eléctrico está abierto debido a la ausencia del foco, por lo cual no puede circular corriente, aunque se accione el interruptor.

Muestras

Para realizar este análisis previo del público meta se eligieron cuatro grupos del nivel medio superior y uno a nivel licenciatura. Las edades de los sujetos oscilaban entre los 16 y 20 años. Se describe brevemente cada una de estas muestras:

Grupo A: 17 alumnos de tercer semestre del bachillerato tecnológico. Este grupo no tenía estudios formales de electricidad.

Grupo B: 22 alumnos de primer semestre del bachillerato tecnológico. Este grupo no tenía estudios formales de electricidad.

⁹⁵ Osborne, R. y F. Peter. (1991). *El aprendizaje de las ciencias: implicaciones de las ciencias de los alumnos*. Ed. Narcea, S. A. de Ediciones Madrid. Madrid, España. pag. 282.

Grupo C: 47 alumnos de primer año de preparatoria. Se les entrevistó inmediatamente después de haber cursado el tema de electricidad y magnetismo. El profesor aseguró que el tema se había cubierto.

Grupo D: 7 alumnos de tercer año de preparatoria. Estos alumnos habían terminado de cursar el tema sobre electricidad y magnetismo que se imparte a los estudiantes que eligen el área físico-matemáticas.

Grupo E: 42 alumnos de primer semestre de la carrera de Biología. Se decidió incluir a este grupo en el estudio porque es representativo de los egresados del nivel medio superior.

5.2.4 RESULTADOS

Del análisis de las respuestas de los cuestionarios se detectaron cuatro esquemas fundamentales, algunos con sub-esquemas. El análisis que se llevó a cabo fue del cuestionario como un todo y no por respuestas aisladas. Esto se hizo con el fin de explorar diferentes aspectos de las ideas de los alumnos. Al entregar su cuestionario, se entrevistó a cada uno de los sujetos con el fin de aclarar dudas sobre sus respuestas y ampliar la información sobre sus explicaciones. De acuerdo a sus respuestas fueron clasificados en los diferentes grupos; los resultados se muestran a continuación:

Esquema 1 (circuito cerrado)

La corriente eléctrica es un flujo de algo (energía, electrones, cargas, luz, aniones, cationes, etc.) a través de un circuito cerrado. En la práctica, los alumnos que utilizan este modelo pueden construir un circuito simple, constituido por una pila un foco y dos alambres, con cierta facilidad. Pueden comprobar que su circuito está bien construido si logran prender el foco.

Este esquema es el más cercano al académico. Aquí lo que se tomó en cuenta para colocar a los alumnos en esta categoría fue si tenían las ideas acertadas o no. El lenguaje o los términos utilizados para expresarse no fue tomado como fundamental.

Esquema 2 (hidrodinámico)

La corriente eléctrica es un fluido formado por algo (energía, electrones, cargas, luz, aniones, cationes, etc.) proveniente de una fuente. Estos alumnos no ven la necesidad de que el circuito sea cerrado. Lo anterior se deduce de la respuesta a la pregunta 7 del cuestionario. Responden que al accionar el interruptor, como no hay foco, la corriente eléctrica se sale por el socket y cae al suelo. Algunos comentan que la corriente se distribuye por todo el suelo y en los muebles y que eso produce "toques" cuando se entra en contacto con estos objetos.

Esquema 3 (utilitario)

Se le dio este nombre al esquema porque la preocupación fundamental de los sujetos fue explicar cómo funcionan los aparatos electrodomésticos, y no entender el fenómeno. Responden que se requieren dos cables para conducir corriente eléctrica, porque uno es insuficiente para que los aparatos funcionen. Al indagar más sobre esta afirmación algunos contestan que la razón por la cual los aparatos requieren dos cables es porque, si sólo tuvieran uno, le llegaría demasiada corriente al aparato y se quemaría. Al tener dos alambres la corriente se reparte y así se evita que los aparatos sufran algún daño.

Esquema 4 (dos tipos de corriente)

La preocupación fundamental que se detectó en los sujetos que presentaban este esquema fue explicar que existen dos tipos de corriente. Las explicaciones obtenidas permiten una clasificación en dos sub-esquemas.

Sub-esquema 4i (corriente positiva y negativa)

Existen dos tipos de corriente, una de cargas positivas y la otra de cargas negativas. Ambas son necesarias para que funcionen los aparatos. La corriente positiva circula por un alambre y la negativa por la otra.

Sub-esquema 4ii (tierra y corriente)

Se necesitan dos alambres para que uno de ellos sea tierra y el otro corriente.

Cabe señalar que al analizar los cuestionarios y las respuestas durante la entrevista, se encontró que algunos sujetos combinaban ideas correspondientes a diferentes esquemas. Otros alumnos no tienen ningún esquema, sino más bien sólo ideas sueltas o se limitan a describir lo que observan. No se detectaron diferencias importantes entre los esquemas de los alumnos que no habían tenido un curso formal de electromagnetismo y los que sí lo habían tenido recientemente. Esta lamentable observación coincide con la que han hecho otros autores, al comparar el contenido de las ideas de sus alumnos antes y después de una presentación formal en el tema, como ya se comentó en el capítulo II de esta tesis, por lo cual se ha visto la necesidad de buscar nuevas formas de abordar estos contenidos. En el caso particular del aprendizaje de los circuitos eléctricos Mark Rosenquist y Lillian McDermott, de la Universidad de Washington, diseñaron un curso de física a partir de las dificultades de aprendizaje de los alumnos en

cada uno de los temas (Mota y Espinosa, 1989)⁹⁶. Para el tema de circuitos eléctricos de dicho curso Mario Mota y Juan José Espinosa hacen una traducción y adaptación del tema para la Escuela Nacional Preparatoria de la UNAM. Lo novedoso de este curso teórico-práctico es que el alumno aprende qué es un circuito eléctrico y todos los conceptos que requiere para describir la corriente eléctrica realizando experimentos sencillos con materiales de fácil adquisición y que le resultan muy familiares. El objetivo de este curso es que el alumno pueda construir un modelo simple para explicar los conceptos de corriente, voltaje y la relación entre ellos al armar un circuito simple utilizando alambres, una pila y un foco. El curso consta de cuatro secciones: circuitos sencillos de focos, un modelo para la corriente eléctrica, redes en serie y paralelo y voltaje.

El resultado de este curso es que el alumno, a través de una experiencia práctica, entiende conceptos que antes le resultaban abstractos. Por ejemplo, para la mayoría de los alumnos resulta difícil interpretar los diagramas que se utilizan normalmente para representar los circuitos y encontrar la relación que tiene cada uno de los elementos de estos diagramas con un objeto real como puede ser una pila, un foco y un alambre. En este caso se procede al revés, el alumno arma el circuito, lo dibuja y después sustituye cada una de sus partes por su representación convencional.

Enrique Fierro, con quien se realizó este estudio y posteriormente la propuesta para la exposición de electromagnetismo, tuvo oportunidad de impartir el curso mencionado a los alumnos de la muestra A y la muestra E, con el fin de analizar la evolución del conocimiento en estos temas como resultado del curso.

A continuación se presenta el análisis de las respuestas de cada una de estas muestras. En el caso de los alumnos de las muestras A y E se presentan sus respuestas antes y después del curso.

Grupo A

(17 alumnos de bachillerato tecnológico, sin un curso previo de electricidad)

- 1) **Antes del curso:** dos alumnos sólo describen cómo son los circuitos, pero no ofrecen ninguna explicación.

Después del curso: un alumno cambia al esquema 1 y el otro combina el esquema 2 en el sentido de que ve la corriente eléctrica como un fluido, pero no ve la necesidad de que el circuito sea cerrado, y el sub-esquema 4i, puesto que considera que el fluido eléctrico puede ser positivo o negativo.

En ambos casos se puede hablar de un progreso considerable, puesto que no tenían ningún esquema antes del curso y en el caso del segundo alumno, aunque no tiene el esquema meta, si va en camino a tenerlo.

- 2) **Antes :** tres alumnos presentaron el esquema 1 antes de tomar el curso.

⁹⁶ Mota, Mario y Juan José Espinosa (1989). *Circuitos Eléctricos*. (traducción y adaptación). ENP. UNAM, México.

Después lo reforzaron incorporando más elementos académicos. Por ejemplo antes se referían a la corriente eléctrica como un flujo de energía y después como un flujo de electrones a través de un material conductor.

3) Antes: cuatro alumnos presentaron el esquema 3

Después: conservaron este esquema pero incorporaron más elementos académicos tales como: electrones libres, flujo de corriente y materiales conductores. Uno de los cuatro alumnos sí cambió al esquema 1.

4) Antes: siete alumnos tenían el esquema 4i antes del curso

Después: tres de estos alumnos conservan su esquema, uno cambia al esquema 3 y los tres alumnos restantes cambian al 1.

5) Antes: un alumno combina los esquema 3 y 4i

Después: conserva su esquema

El resultado de este curso teórico-práctico de circuitos eléctricos fue que la mayoría de los alumnos modifican sus esquemas en la dirección de uno más académico. Ocho adoptan el modelo 1, en teoría, aunque la mayoría, con la excepción de los que presentan el esquema 2, muestran la preocupación de cerrar el circuito en la práctica.

Grupo B: (22 alumnos del primer semestre del bachillerato tecnológico, sin estudios previos en el tema)

1. Nueve alumnos se limitan a describir los circuitos.
2. Ocho alumnos utilizan el esquema 4i.
3. Cuatro alumnos combinan los esquemas 2 y el sub-esquema 4i.
4. Un alumno hace una combinación de esquemas: el 2, el 3 y el 4i. Su respuesta fue la siguiente: "La corriente eléctrica es una fuerza o energía la cual se distribuye en la misma cantidad por los dos alambres; uno de ellos positivo y el otro negativo. Si no hubiera foco la electricidad se desperdiciaría" (Fierro, 1996).
5. Ninguno presentó el esquema 1.

Grupo C (47 alumnos de primer año de preparatoria después de haber cursado el tema de electricidad y magnetismo):

1. Un solo alumno utiliza el esquema 1 en sus explicaciones.
2. Cuatro alumnos utilizan el esquema 3.
3. 24 alumnos consideran que existen dos tipos de corriente, utilizan el esquema 4i.

4. Cuatro alumnos hacen una combinación de los esquemas 2, 3 y 4i; por ejemplo un alumno comentó: "se tienen dos cables para jalar suficiente corriente y un alambre tiene cargas positivas y el otro negativas".
5. 12 alumnos combinan los esquemas 2 y 4i. Por ejemplo un estudiante dice: "los cables de los aparatos electrodomésticos tienen dos alambres porque por uno circula corriente positiva y por el otro negativa. Si no hubiera foco la corriente se liberaría".
6. Dos alumnos hacen una combinación de los esquemas 3 y 4i, por ejemplo: "hay dos puntas en los cables de los aparatos electrodomésticos para que haya mayor corriente, ya que uno es el polo positivo y el otro negativo".

Lo más sobresaliente de este grupo es que ya tuvieron un contacto formal con el tema y sólo un sujeto tiene el modelo correcto. Es interesante notar que el esquema 2, en el cual se considera que la corriente es un fluido, es muy frecuente; también lo es el esquema 4i en el cual se considera que existe una corriente positiva y otra negativa. Se observa en este grupo que las respuestas son más elaboradas, así como información académica probablemente interpretada erróneamente.

Grupo D (7 alumnas de tercer año de preparatoria del área de físico- matemáticas después del curso de electricidad y magnetismo)

1. Una alumna se limita a describir.
2. Cinco alumnas presentan el esquema 4i; por ejemplo: "al conectar los alambres a la pila y al foco, por un alambre pasa la corriente positiva y por el otro la negativa".
3. Un alumna hace una combinación de los esquemas 2 y 3; por ejemplo: "Con dos alambres la energía fluye con mayor rapidez mientras que con uno el aparato no funciona. Al no haber foco, la corriente sigue fluyendo".

En este grupo no se encontró el esquema 1.

Grupo E (42 alumnos de la licenciatura de Biología, primer semestre)

A este grupo, al igual que el A se les impartió el tema utilizando la propuesta del curso teórico-práctico de circuitos eléctricos. A diferencia del grupo A, este grupo no estaba cursando el tema por primera vez. Se presentan los resultados de antes y después del curso.

1. **Antes:** un alumno posee el esquema 1

Después : lo conserva con mayor incorporación de términos académicos .

2. **Antes:** un alumno presenta el esquema 2

Después: combina el esquema 2 con el 4i, es decir incorpora las nociones de tierra y corriente.

3. **Antes** : tres alumnos usan el esquema 3

Después: dos cambian al esquema 1, y el otro conserva su esquema.

4. **Antes**: 18 alumnos utilizan el esquema 4i. Afirmaban que la corriente eléctrica era una forma de energía conformada por una corriente positiva y otra negativa

Después: diez cambian al esquema 1, cinco conservan su esquema y tres combinan el modelo 2 con el sub-esquema 4i. Definían la corriente eléctrica como un flujo de electrones que corre por un circuito.

5. **Antes**: seis alumnos utilizan el sub-esquema 4ii

Después: un alumno conserva su esquema y cinco cambian al sub-esquema 4i.

6. **Antes**: cuatro alumnos combinan el esquema 2 y el sub-esquema 4i

Después: dos de los alumnos cambian al esquema 1, un alumno reafirma su esquema 2 y el otro el 4i. A pesar de que el resultado no fue del todo el esperado, sí se observó una mayor precisión en el uso de los términos.

7. **Antes**: dos alumnos del curso combinan el esquema 1 con el 4i

Después: tienen más definido el esquema 1.

8. **Antes**: tres alumnos se expresan en términos de los esquemas 4i y 4ii

Después: dos alumnos cambian al esquema 1, mientras que el otro conserva su modelo original.

9. **Antes**: un alumno combina los esquemas 3y 4i

Después: cambian al esquema 1.

10. **Antes**: tres alumnos se limitaban a describir

Después: adoptaron el esquema 4i.

En este grupo se observó que de uno que tenía el esquema 1 (el académico) al iniciar el curso, 19 lo adoptaron después del curso. En general las respuestas de estos alumnos son más elaboradas y se percibe una evolución de las mismas con incorporación de más términos académicos con un manejo más adecuado.

Comparando estas cinco muestras no se observó una diferencia apreciable en las explicaciones de los alumnos que no habían cursado el tema (muestras A y B) y los que habían tomado un curso formal (muestras C, D y E). Cabe señalar que los grupos C y D habían tomado el curso recientemente.

Se observó que en todas las muestras el esquema más frecuente fue el 4i. También fueron frecuentes las combinaciones entre este esquema con otros. A continuación se muestra un cuadro comparativo entre los grupos A, B y E que son los grupos estudiados antes de un curso formal. A pesar de que el grupo E ya estaba a nivel universitario y por consiguiente ya habían tenido algún curso de electromagnetismo anteriormente, se incluye en este bloque porque sus cursos no habían sido en fechas recientes.

Antes de tomar el curso:

Grupo	Esquema 1	Esquema 4i	Combinaciones de otros esquemas y el 4i
A	17.6%	41.2%	no se presentan
B	no se presenta	36.36%	22.73%
E	2.4%	43 %	16.67%

Después de tomar el curso:

A	47 %	no se presenta	no se presentan
C	2.1%	51 %	38.3%
D	no se presenta	71.4%	no se presentan
E	47.6%	33.33 %	9.5%

Nota: Los grupos A y E tomaron el curso teórico-práctico sobre circuitos eléctricos.

En conclusión, se observó una gran coincidencia con los esquemas reportados en la literatura, con lo cual se comprueba que éstos son universales. También se encontró que no existe mucha evolución en las ideas como resultado de un curso tradicional de gis y pizarrón. Simplemente, se observa un incremento en el uso de palabras "académicas".

Sin embargo, al comparar el estado de conocimiento de los alumnos antes y después del curso teórico-práctico de circuitos eléctricos se encontró que éste contribuye de una manera significativa a la comprensión del tema. La explicación parece ser que los alumnos requieren experiencias concretas que les puedan servir de ancla para entender las ideas abstractas que generalmente se encuentran en los libros.

Es notable la elevada frecuencia del modelo 4i. Una interpretación de este hecho es que al enseñar el tema de electricidad se comienza hablando de cargas positivas y negativas y extrapolan este concepto a pensar que también deben existir dos tipos de corriente. No se hace mucho hincapié en que la corriente

eléctrica es un conjunto de cargas eléctricas en movimiento, en qué materiales se puede dar y en las condiciones requeridas para que se produzca la corriente eléctrica. Por otro lado, los alumnos están acostumbrados a que en las pilas y las baterías de automóviles siempre existen dos terminales, la positiva y la negativa. Estas experiencias pueden ayudar a reforzar este tipo de explicaciones. Se observa un decrecimiento de este modelo en los alumnos de la muestra A y E, es decir, los que tomaron el curso teórico-práctico. Es claro que la posibilidad de aprender sobre la corriente eléctrica a través del armado de circuitos sencillos facilita la comprensión de estos conceptos. A pesar de que la experiencia del E. Fierro fue en el aula, se puede aplicar al desarrollo de una exposición que ofrezca al visitante una experiencia más real de lo que es la corriente eléctrica.

5.2.5 Sugerencias para apoyar el proceso de cambio conceptual en este tema

a) Se observa una gran coincidencia entre los esquemas alternativos encontrados y los que están reportados en la literatura. También existe una similitud entre éstos y los modelos científicos ya desechados pero que fueron válidos en otras épocas. Esta similitud se puede aprovechar para utilizarlos como apoyo a la enseñanza del tema. Esta estrategia es conveniente por un lado para que el alumno vea que el conocimiento científico evoluciona y también para que vea las deficiencias de estos modelos y por que fueron sustituidos por otros. Al hacer este análisis también verá las limitaciones o contradicciones en sus propias explicaciones.

b) El resultado exitoso del curso teórico-práctico pone en evidencia una vez más la necesidad que tienen los alumnos, aun en los niveles medio superior y superior, de experiencias concretas para una buena comprensión del tema. Por lo tanto, es importante que el laboratorio sea un verdadero lugar de experimentación y no nada más de verificación de lo que se vio en la clase de teoría. También es recomendable que la clase teórica y la de laboratorio estén muy acopladas.

c) El trabajo en equipo, como en el curso que se describió, favorece el intercambio entre pares y apoya la comprensión de los conceptos. En este tipo de situaciones el profesor juega el papel de coordinador y orientador del trabajo.

d) En el curso teórico-práctico de circuitos eléctricos se toma la intensidad de la luz del foco como una medida cualitativa de la intensidad de corriente eléctrica. Sin embargo, como no siempre se encuentran focos de las mismas características, esta manera cualitativa de medir la intensidad de corriente eléctrica carece de precisión. Por lo tanto, se recomienda introducir desde el principio de estos cursos equipos de medición como voltímetros, amperímetros o multimetros que permitan al alumno medir las cantidades de corriente, voltaje y resistencia eléctrica en el circuito (Fierro, 1996) Estos equipos no deben sustituir la medición cualitativa; su función es verificar esta medida y tener mucho mayor precisión. Además, es conveniente que el estudiante se acostumbre a este tipo

de equipos lo más pronto posible. Es conveniente emplear esta práctica el museo también.

e) No se deben utilizar los diagramas tradicionales para circuitos eléctricos al inicio del curso puesto que son abstractos y de difícil comprensión. En el curso teórico-práctico se dibujan a partir de circuitos reales (es frecuente que se siga el camino inverso: construir un circuito a partir del diagrama o a hacer cálculos de diferentes elementos de estos circuitos sobre el diagrama, sin ninguna referencia a algo real). Como en un museo no existe la posibilidad de ir desarrollando esta habilidad de pasar de un circuito a su representación en un diagrama, se sugiere utilizar fotografías de los circuitos o los aparatos y sobre éstas mostrar el camino de la corriente eléctrica.

f) Es frecuente encontrar que los sujetos no vean la necesidad de que el circuito sea cerrado para que circule la corriente. Esta falla puede ser una consecuencia del uso de la analogía hidráulica para explicar diversos conceptos en electricidad. En el caso del agua que fluye por un tubo, el circuito no tiene que ser cerrado para que el agua circule y cuando existe una interrupción en el tubo o cuando se abre la llave el agua se cae, de ahí que muchos de los entrevistados piensen que sucede lo mismo con la corriente eléctrica: cuando se acciona el interruptor y no hay un foco (pregunta 7 del cuestionario) la corriente se cae al piso. Por lo tanto, si se utiliza esta analogía hidrodinámica se debe hacer mucho hincapié en las diferencias entre el agua que circula por la tubería y la corriente que circula por un conductor eléctrico. En el caso de la exposición se sugiere no utilizar esta analogía en lo absoluto para evitar una interpretación errónea y el reforzamiento de un esquema equivocado.

Una exposición como la que se describe puede proporcionar muchas de las experiencias concretas que requieren los estudiantes, sobre todo cuando no existe la posibilidad de llevar a cabo cierto tipo de experimentos en la escuela. Además, puede mostrar cómo han evolucionado el conocimiento y la técnica en el campo del electromagnetismo, sus aplicaciones, las conexiones con otros campos del conocimiento u otras áreas de actividad, así como los futuros desarrollos.

Este es un ejemplo de como los resultados obtenidos en el contexto formal se pueden emplear para planear una exposición y como esta exposición, a su vez, puede servir de apoyo a la enseñanza del tema.

5.3. LA RELACIÓN CON EL SECTOR EDUCATIVO

5.3.1 La adaptación del mensaje del museo a diferentes niveles educativos

Para obtener el máximo provecho del potencial didáctico de una exposición o de un museo, es recomendable entablar una relación muy estrecha con los profesores que la visitan. A continuación se describirá brevemente cómo se llevó a cabo esta relación en UNIVERSUM. Como se vio en la sección 3.4.3 la preparación y el entusiasmo de los maestros es un factor decisivo en el provecho que obtienen los alumnos de su visita al museo. El personal del museo puede

apoyar al maestro en la preparación de su visita, despertar su interés, ayudarle a disminuir su ansiedad por encontrarse en un sitio tan diferente a lo que está acostumbrado y en resumen mostrarle cómo sacar el máximo provecho de este recurso. El primer paso en esta preparación es sensibilizar a los maestros en torno a cómo utilizar este medio como uno de enseñanza no-formal e invitarlo a abandonar las estrategias propias del contexto formal. El mensaje se tendrá que adecuar en función del grado escolar de los alumnos y por consiguiente su nivel de madurez biológica e intelectual. Una misma exposición puede funcionar para una gran variedad de personas con diferentes antecedentes e intereses.

En el caso de museos como UNIVERSUM, la mayoría de los equipamientos fueron diseñados para cumplir un objetivo específico, como comunicar un concepto determinado. Sin embargo, este concepto puede resultar totalmente incomprensible para niños pequeños o para personas que carecen de ciertos prerrequisitos para entenderlo. En estos casos es conveniente plantear objetivos alternativos, más propicios para su nivel. Es posible que este objetivo alternativo implique no comunicar ningún concepto científico como tal, sino simplemente ofrecer al visitante una experiencia novedosa que le servirá para una reflexión posterior cuando tenga los recursos intelectuales para hacerla. Para algunos estos "objetivos alternativos" pueden ser simplemente un estímulo o una oportunidad para ejercitar ciertas habilidades. En UNIVERSUM, la Sala de Estructura de la materia contiene una gran variedad de equipamientos de diferentes temas de la física que permite una "adaptación" de objetivos para un espectro muy amplio de usuarios. Dada la gran cantidad de efectos que producen estos equipamientos, para los niños pequeños ésta es una sala de juegos. Para niños de primaria, el juego se puede emplear para una experiencia a nivel estrictamente fenomenológico, en donde lo que se busca es que sientan u observen ciertos efectos. Por ejemplo, que al subirse a una silla que puede rotar libremente sobre una plataforma giratoria sientan cómo con los brazos cruzados pueden girar más rápido y que lo harán más lentamente si abren los brazos. Este es el mismo efecto que se observa en las patinadoras sobre hielo. El concepto que explica este efecto es la conservación del momento angular. El momento angular alrededor de un punto O de una partícula con masa m y que se mueve con una velocidad v se define (Alonso y Finn, 1967)⁹⁷ como el producto vectorial $L = mr \times v$. Por lo cual el momento angular es un vector perpendicular al plano determinado por r y v . Para que el valor del momento angular L se mantenga constante (conservación del momento angular) es necesario que el producto vectorial $mr \times v$ se mantenga constante. Esta relación es válida para una partícula puntual, que no es el caso de un visitante. Una persona, para los fines que nos interesan, debe ser considerado como un sistema de muchas partículas. Un caso particular de un sistema de muchas partículas es el de cuerpo rígido, esto es un cuerpo en el cual la distancia entre todas las partículas que lo componen se mantiene constante cuando se aplica una fuerza o una torca. Un

⁹⁷ Alonso, Marcelo y Edward J. Finn (1967). *Fundamental University Physics : Mechanics*, Volume I, Ed. Addison-Wesley Publishing Co. . Capítulo 7. pag. 178.

cuerpo rígido mantiene su forma durante su movimiento⁹⁸. Por lo tanto un visitante podría considerarse un cuerpo rígido desde el punto de vista de la mecánica y su momento angular será la suma de los momentos angulares parciales correspondientes a todas las partículas que lo componen. Para facilitar esta tarea y no hacer esta suma infinita, se ha definido una cantidad que se llama momento de inercia, la cual depende de la masa y la geometría del cuerpo y que se debe calcular para cada caso. La geometría del cuerpo rígido tiene que ver con la distribución de la masa alrededor del eje de rotación, esto es el radio de giro del cuerpo con respecto a este eje. Esta última puede cambiar cuando el sujeto, que se sienta en la silla, abre y cierra sus brazos. Por lo cual, para que el momento angular se conserve, la velocidad angular con que gira alrededor de su eje de rotación también tiene que variar. Esto es lo que experimenta el usuario "en carne propia", sin embargo no podrá entenderlo, más que a nivel intuitivo y sensorial mientras no tenga las "herramientas académicas" e intelectuales para comprender la explicación anterior. Sin embargo, esta experiencia es algo que no olvidará y que le servirá de referencia cuando estudie este concepto de manera más formal, posiblemente en un curso de mecánica a nivel universitario. Por lo tanto, el maestro de alumnos de primaria, no debe esperar que entiendan el concepto de conservación de momento angular a nivel formal, debe conformarse con que se lleven esta vivencia y que puedan describirla y comentarla con sus compañeros.

Esta sala cuenta con otras secciones relacionadas con diferentes áreas de la física como ondas, electromagnetismo y dinámica. En la mayoría de los equipamientos es posible repetir los experimentos, hacer mediciones, analizar la relación entre las variables involucradas y determinar la expresión matemática para esta.

A cualquier nivel, lo importante es la experiencia y es importante sea lo más rica posible para que pueda incorporarse de manera significativa al bagaje de conocimientos y experiencias de cada uno para una reflexión inmediata o posterior. Qué tan significativa puede resultar esta experiencia depende muchas veces de los acompañantes (maestros, familiares, compañeros) o del personal del museo con que interactúan (anfitriones).

El primer problema con que se enfrenta el personal del museo en esta labor es que este generalmente está diseñado para un determinado nivel educativo. UNIVERSUM se pensó fundamentalmente para el nivel medio y medio superior, aunque también se incluyen equipamientos y actividades para visitantes de otras edades. Por lo tanto, el personal que labora en el museo se ve en la necesidad de analizar el contenido del museo y la forma de presentación, para ver de qué manera se puede hacer la adaptación del mensaje a diferentes niveles. Los anfitriones se ven en la necesidad de hacer esta adaptación del mensaje en todo momento. Por lo tanto, al capacitar a los anfitriones se les debe preparar para hacer esta adaptación. Esto implica a) conocimientos sobre el desarrollo intelectual de las personas y hasta dónde pueden procesar la información que se les presenta, b) los esquemas alternativos más comunes y posibles problemas de interpretación y c) cómo utilizar los recursos del museo para enfrentar estos

⁹⁸ Alonso, M. y E. Finn, op. cit., Capítulo 10.

esquemas y apoyar el proceso de cambio conceptual. Estos tres puntos deben estar incluidos en el trabajo que se haga con los maestros cuando lo son del nivel medio a universitario. Para niveles educativos inferiores es necesario trabajar más bien los "objetivos alternativos", esto es apoyar que los niños vivan experiencias que sea enriquecedores en cuanto a estímulos, desarrollo de ciertas habilidades y una observación cuidadosa de lo fenomenológico. En la medida en que el personal del museo y los maestros tengan mayor preparación en los puntos mencionados se podrán apoyar mutuamente y así explotar mejor el potencial didáctico del museo.

Para hacer mejor esta adaptación del mensaje a los diferentes niveles escolares es útil conocer los programas de estudio de cada grado. Esto permitirá trabajar aspectos específicos con los maestros de cada grado. Por último, también es recomendable que los anfitriones estén preparados para trabajar con discapacitados. En UNIVERSUM se contó con la asesoría de maestros de educación especial de los cuatro grupos de discapacitados: invidentes o débiles visuales, hipoacúsicos o personas con problemas de audición, personas con deficiencias mentales y los que tienen problemas neuromotores. Los especialistas impartieron conferencias a los anfitriones para los cuatro grupos mencionados de discapacitados y posteriormente se trabajó en la adaptación de cada una de las salas del museo para visitantes con las discapacidades mencionadas. También se diseñaron actividades especiales como talleres y espectáculos para cada uno de estos grupos.

5.3.2 El trabajo con los diferentes niveles de la jerarquía educativa

Por muy bueno que sea un programa de apoyo al sector educativo, si no existe voluntad política para que éste se lleve a cabo no pasará de ser un proyecto piloto que beneficie a muy pocos. Por tal motivo, UNIVERSUM estableció un programa denominado "Un día de clases en UNIVERSUM" para escuelas oficiales incorporadas a la Secretaría de Educación Pública (SEP). Este programa se llevó a cabo en colaboración con la SEP y estuvo dirigido a los siguientes niveles escolares: inicial, preescolar, primaria, secundaria, educación especial y USEI (Unidad de Servicios Educativos de Iztapalapa). Se llevó a cabo a lo largo de todo el ciclo escolar de 1996 a 1997. Consistió de las siguientes etapas:

a) *Visitas de sensibilización.* Dirigidas a directivos y coordinadores de área de los diferentes niveles escolares mencionados. El propósito de estas visitas, como su nombre lo indica, fue sensibilizar a las autoridades educativas sobre cómo el museo podía servir de apoyo a la enseñanza formal. La visita consistía en una conferencia introductoria en la que se les hablaba en general sobre cómo podían utilizar el museo como una herramienta didáctica para el nivel que ellos dirigían y posteriormente se les daba una visita guiada por todo el museo y se les informaba de todas las actividades que se ofrecían.

b) *Visitas de planeación.* Para maestras y maestros que tenían programado ir al museo con su grupo de alumnos. Estas visitas se llevaban a cabo los

sábados y en ellas se reunían maestros del mismo nivel educativo. En estas sesiones de trabajo conocían previamente las salas que habían solicitado al hacer su cita y se les ayudaba a preparar la visita a las mismas tomando en cuenta los puntos mencionados. En ocasiones los maestros manifestaban interés por conocer todo el museo, lo cual hacían después de terminar sus actividades. La relación que se estableció en estas reuniones de trabajo fue muy fructífera para ambas partes, los maestros y el personal del museo. Por supuesto, los beneficiados de este trabajo fueron los alumnos.

c) *Un curso sobre cómo utilizar el museo como herramienta didáctica.* Este curso estuvo dirigido a maestros de los niveles mencionados y tuvo una duración de 40 horas. El curso consistió en una parte teórica y otra práctica. En la primera se presentó básicamente el marco teórico utilizado para estos fines, esto es lo que se ha planteado en los capítulos I y II. En la parte práctica los maestros recorrían todas las salas del museo y trabajaban con el personal del mismo en la tarea de adaptar el mensaje de cada sala al grado escolar que les interesaba. También conocieron todas las actividades que el museo ofrecía: obras de teatro, espectáculos, conferencias, videos y talleres.

5.3.3 RELACIÓN CON EL NIVEL MEDIO SUPERIOR

UNIVERSUM ha participado en el *Programa de apoyo a la actualización y superación del personal docente del bachillerato de la UNAM (PAAS)* desde el inicio de este programa. La colaboración consiste en una estancia para los profesores del PAAS de dos semanas en el museo en un curso teórico-práctico denominado "UNIVERSUM: una herramienta didáctica". Este curso ha ido evolucionando a lo largo de los años como resultado de la evaluación y retroalimentación por parte de los participantes. La primera vez que fue solicitado este curso se impartió sólo para los maestros de materias científicas: biología, física, química y matemáticas. Al siguiente año, las autoridades encargadas de este programa solicitaron que se abriera a maestros de materias como lectura, redacción, historia, filosofía, lengua y literatura. En 1999 asistieron maestros de todas las materias impartidas en los dos sistemas de bachillerato de la UNAM: la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) Y el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), incluyendo a los maestros de idiomas.

El objetivo principal de estos cursos es mostrar cómo se puede utilizar un museo interactivo (como UNIVERSUM) como un apoyo a la enseñanza formal a nivel medio superior. Algunos de los aspectos que se resaltan en este curso se han desarrollado a lo largo de esta tesis. En resumen estos son:

- Las características de la enseñanza no-formal y su empleo como complemento a la enseñanza formal.
- El museo como un lugar en donde se pueden vivir experiencias nuevas, las cuales se pueden convertir en experiencias "ancla" para el proceso de aprendizaje.
- El museo como apoyo en diferentes momentos del proceso educativo: motivación, disparador de la curiosidad y de aprendizaje, reforzamiento de

conocimiento, complemento y actualización de la información, laboratorio sustituto.

- La discusión de algunos problemas comunes de aprendizaje de ciertos conceptos: ideas no científicas, esquemas alternativos y cómo el museo puede ayudar a vencer estos obstáculos.

- Se muestra el carácter interdisciplinario de la ciencia, a través de actividades que ayudan a vincular una sala con otra o un tema con otro.

- Las bondades de un medio no-formal de aprendizaje: la posibilidad de involucrar todos los sentidos, de satisfacer diferentes estilos de aprendizaje, de utilizar el medio más apropiado para comunicar cada idea o concepto y el potencial para que el aprendizaje sea en los tres contextos: el cognitivo, el afectivo y el de habilidades. Todo lo anterior contribuye a un aprendizaje más integral.

El tipo de actividades que se desarrollan en este curso son las siguientes:

- a) Conferencias magistrales en las cuales se expone cómo utilizar este recurso como apoyo a la enseñanza formal.

- b) Conferencias por áreas en las cuales se expone cuáles son los principales problemas de aprendizaje en cada una de éstas y cómo emplear el museo como apoyo para la solución de los mismos.

- c) Visita a la sala para conocer su contenido y cómo utilizar los equipamientos para la enseñanza de diversos temas.

- d) Visita a todas las instalaciones del museo para conocer qué ofrece: otros cursos, conferencias, videos, talleres de ciencia, espectáculos, obras de teatro científico y servicio de biblioteca.

- e) Actividades en las cuales se aplica lo que se ha aprendido como

Para obtener el máximo provecho del potencial didáctico de una exposición o de un museo, es recomendable entablar una relación muy estrecha con los profesores que la visitan. A continuación se describirá brevemente cómo se llevó a cabo esta relación en UNIVERSUM.

"rallays" y talleres.

- f) Rutas temáticas: una visita a diferentes salas del museo en las cuales se ven diferentes aspectos de un mismo tema. Estas rutas temáticas ayudan a tener una visión interdisciplinaria de la ciencia. Algunas rutas temáticas son: la de la luz, la de las cónicas y la de la energía.

Al terminar el curso se les pide a los maestros que desarrollen una actividad o que hagan una propuesta en la cual apliquen lo aprendido. Estas propuestas han resultado muy satisfactorias y han servido de retroalimentación para el trabajo que realiza el museo con el sector educativo, así como la planeación y diseño de nuevas exposiciones o actividades.

5.3.4 Sugerencias para estrechar la relación con el sector educativo

Con base en el marco teórico desarrollado y la experiencia obtenida en UNIVERSUM, se presentan las siguientes sugerencias que pueden ayudar a estrechar la relación entre el sector educativo y los museos.

1. Involucrar a los maestros en el proceso creativo

Involucrar a los maestros en el proceso creativo aporta un beneficio mutuo para el museo y para el maestro. El conocimiento que tienen los maestros de sus alumnos en cuanto a qué les interesa y cómo entienden determinados temas, es complementaria a la que se puede obtener en el museo a través del análisis del público. Por otro lado, también son una fuente importante de información en cuanto a cómo se presentan ciertos conceptos. Esto es particularmente valioso cuando se está planeando y diseñando una exposición sobre un tema en el cual se encuentran esquemas alternativos muy arraigados y que no coinciden con lo que se quiere transmitir.

Por el otro lado, lo que el maestro obtiene de su relación con el equipo creativo de un museo es: nuevas estrategias para explicarle a sus alumnos, nuevas maneras de abordar los mismos temas, un conocimiento complementario de sus alumnos tanto a nivel cognitivo como afectivo y posiblemente una mejor comprensión de los temas que enseña.

2. Capacitación de maestros

La capacitación a los maestros para que aprendan a usar el museo como un apoyo a lo que ven en clase cubre un amplio espectro que va desde una pequeña introducción para facilitarse la tarea hasta un programa de residencia en el museo.

Este programa podría tener las características de los cursos o talleres que se mencionan en la sección 3.4.3 o como los que se realizan en UNIVERSUM. Estos cursos o talleres tienen dos objetivos fundamentales:

- a) Que los maestros aprendan a usar el museo como un apoyo a la enseñanza formal, aplicando estrategias propias de un ambiente no-formal y
- b) Recibir retroalimentación de los maestros

El ambiente que se crea en estos cursos debe ser cordial y relajado para que el maestro se sienta con la libertad de emocionarse como sus alumnos (sin tener que preocuparse por su imagen), de cometer errores, de hacer preguntas, experimentar e intercambiar impresiones con sus colegas y con el personal del museo. Este tipo de talleres son una buena manera de iniciar una relación con los maestros y puede culminar en su participación en el proceso creativo de futuras exposiciones.

3. Conocer los programas oficiales en cuanto a objetivos y contenido

Es recomendable que el grupo encargado de la planeación de las exposiciones y de todas las actividades complementarias conozca los programas oficiales del sistema educativo. Esta información servirá para conocer la forma en que los visitantes potenciales (estudiantes y no estudiantes) aprenden ciertos temas. Mediante el análisis de la forma en que estos contenidos se presentan se pueden detectar muchas veces las "fuentes de error" que pudieron haber llevado a interpretaciones que no corresponden a las académicas, por ejemplo: errores en el proceso de simplificación del mensaje, ciertos gráficos o un nivel de abstracción más allá de la capacidad de los sujetos. Al conocer estas "fuentes de error" se puede pensar en nuevas formas para presentar estos contenidos de manera que no se repitan los problemas de comunicación que simplemente van a reforzar el modelo no deseado.

Por otro lado, al conocer los programas oficiales se pueden planear actividades específicas para cada nivel del sector educativo. Claro está que el museo no será visitado sólo por estudiantes, ni su único objetivo es servir de complemento a la escuela, sin embargo, los programas oficiales son un buen indicador de la cultura básica de la población general.

4. Elaborar material de apoyo para cada uno de los niveles educativos

Si el museo cuenta con material de apoyo apropiado para cada nivel educativo se podrá explotar mejor el potencial didáctico de éste. Generalmente se proponen actividades para antes, durante y después de la visita, por lo que es un buen auxiliar para el maestro. Si se cuenta también con material para el alumno, éste podrá aprovechar mejor su tiempo en el museo, puesto que no sentirá tanto la presión por tomar apuntes. Desde mi punto de vista uno de los objetivos prácticos de este tipo de materiales para el alumno es evitar que copie las cédulas. Esta actividad es totalmente inútil y muchas veces les impide poner atención a los objetos que se exhiben.

5. Llevar a cabo más investigaciones sobre cómo se aprende en un ámbito no-formal

Como se vio en el capítulo anterior, las condiciones de aprendizaje en un ámbito no-formal son muy distintas a las del formal. La naturaleza no evaluatoria, centrada más bien en el que aprende y la posibilidad de acercarse al objeto de conocimiento por diferentes vías debido a que es un multimedio, crea un ambiente distinto. Aunado a lo anterior, los objetivos del visitante al acudir a un museo no son los mismos que tiene para ir al colegio y la misión del museo no es la de la escuela. El museo no puede verse como un sustituto de la escuela, sino más bien como un apoyo a ésta o un complemento, cuando los visitantes son estudiantes. La experiencia que se vive en el museo se debe considerar como una más dentro de un proceso continuo de construcción del conocimiento sobre el medio natural, social y cultural en que vivimos. Claro que esta experiencia destaca por su riqueza potencial como elemento de aprendizaje si se compara

con otras vivencias fuera del ámbito escolar. Los estudios sobre cómo se aprende en un ambiente no-formal son relativamente recientes, como se puede constatar en este trabajo y se iniciaron como una extrapolación de los resultados obtenidos en el contexto escolar. Beetlestone y sus colegas (Beetlestone, *et. al.* 1998)⁹⁹ mencionan que se requiere una metodología propia para analizar lo que ocurre en un ambiente no-formal. Además, las evaluaciones dan una información de un instante y lo que se necesita es una evaluación longitudinal en la cual se pueda rastrear cómo estas experiencias influyen en la vida de un grupo de individuos a lo largo de varios años. Estos estudios, señalan, deben ser en el terreno afectivo y no sólo en el cognitivo. Los resultados de este tipo de estudios servirán para incrementar el potencial didáctico de los museos.

6. Capacitar a los anfitriones para la adaptación del mensaje

La labor más importante de los anfitriones es enriquecer la experiencia de cada visitante y adaptar el mensaje al nivel y a los intereses de cada uno. Ésta no es una tarea sencilla, por lo cual no se le puede hablar al visitante como si lo hiciera con un colega, tiene que divulgar la ciencia, que no es sólo evitar los tecnicismos. Implica una recreación del discurso, esto es ofrecer explicaciones que sean claras y sencillas pero sin perder la veracidad. Para hacer esto no sólo tiene que entender el contenido, también tiene que anticipar cómo será interpretado el mensaje que transmite. Cuando no se tiene experiencia en divulgar determinado tema, no es fácil encontrar explicaciones acertadas de inmediato. Por lo tanto, el anfitrión requiere ser capacitado para desempeñar esta actividad.

7. Involucrar a los anfitriones en los talleres con los maestros

La relación entre los maestros y los anfitriones aporta beneficios mutuos. Ambos tienen mucho que aprender del otro. El anfitrión se vuelve más sensible a las necesidades de los maestros y aprende más sobre cómo los alumnos viven la experiencia de visitar el museo. Además, aprende sobre el currículum de los alumnos, cómo aprenden, cómo se les enseña y qué les interesa. El maestro aprende nuevas formas de explicar, cómo utilizar los recursos del museo y tal vez algo de ciencia. Si el maestro y el anfitrión se convierten en aliados, juntos pueden enriquecer considerablemente la experiencia de los alumnos al visitar el museo.

5.4 El museo del futuro y su función educativa

5.4.1 La evolución de los museos de ciencia

En los últimos 30 años han proliferado a nivel mundial los museos y centros interactivos de ciencia. Tan sólo en los Estados Unidos se inaugura un centro de

⁹⁹ Beetlestone, J. G., C. H. Johnson, M. Quin y H. White (1998). "The Science Center Movement: Contexts, Practices and Next Challenges." *Public Understanding of Science*. Vol. 7, pags. 5-26.

este tipo cada tres meses en promedio. De acuerdo a datos de la Asociación de Centros de Ciencia y Tecnología (ASTC) existen en el mundo casi 600 centros y museos interactivos (Padilla, 1999)¹⁰⁰.

El surgimiento de los museos interactivos de ciencia en México comenzó hace un poco más de 20 años con la apertura del Centro Cultural Alfa en la ciudad de Monterrey en 1978. Ya existían para esas fechas el Museo de Historia Natural de la Cd. de México y el Museo Tecnológico de la Comisión Federal de Electricidad, ambos inaugurados en 1964 en el Parque de Chapultepec. Sin embargo, éstos son más bien de corte más tradicional y se podrían catalogar como museos de segunda generación. La fase explosiva de creación de museos y centros de ciencia modernos ocurrió hasta la década de los años 90 con la inauguración del "Caracol" en Ensenada en 1990, el Centro de Ciencias de Culiacán (1992), el Centro de Ciencia y Tecnología de Veracruz en Xalapa (1992), UNIVERSUM (1992), Museo de Ciencia y Tecnología "El Chapulín" en Saltillo, Coah. (1993) y el "Papalote" Museo del Niño en la Cd. de México (1993), por mencionar los primeros (Padilla, 1999). Actualmente se cuenta con 18 museos y centros de ciencia en nuestro país y existen otros que todavía se encuentran en periodo de gestación.

En la sección 2.2.4 de este trabajo se vio cómo han evolucionado los museos de ciencia en cuanto a su contenido, misión, objetivos, público al que se dirigen, formas de comunicación, recursos utilizados y formas de operación. Se presentó una tipología, expresada en términos de generaciones, para ubicar a los museos en una escala evolutiva. Así los museos de primera generación son los museos de colecciones. Los museos de segunda generación son los antiguos museos de ciencia y tecnología, en los cuales el visitante puede ver, tocar y operar algunos de los objetos. Los museos de tercera generación son los actuales museos interactivos en donde el resultado de cada actividad está predeterminado, es decir son de "final cerrado". Por último, los museos de cuarta generación son aquellos en los cuales los equipamientos están diseñados de tal manera que las respuestas no están predeterminadas y el resultado depende del camino que pueda o quiera tomar el usuario. Estos museos son de final abierto, en donde lo importante no es obtener "la respuesta correcta" sino más bien el proceso mismo. Lo que se busca no es que el usuario repita un experimento, un efecto o que llegue a una determinada conclusión, sino estimular su creatividad. El énfasis está más en el desarrollo de habilidades que en la adquisición de información.

Como ya se mencionó, la mayoría de los museos buscan actualizarse periódicamente, para incorporar nuevos temas, formas novedosas para comunicar los contenidos, tecnología moderna o hasta una transformación radical en su misión y objetivos. Por lo anterior, el sitio de un determinado museo en la escala evolutiva no es fijo y pueden pasar de una generación a otra. Además, dentro de

¹⁰⁰ Padilla, J. (1999). "Desarrollo de los museos y centros de ciencia en México". VIII Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia y la Técnica. Conferencia Magistral. León. Gto. marzo de 1999.

un mismo museo se pueden encontrar elementos de diferentes generaciones por lo cual a veces es difícil ubicarlo en una sola generación.

Independientemente de cuál sea la generación a la cual pertenece un museo determinado, existe toda una gama de matices en cuanto a objetivos, contenido, formas de comunicación, relación con el visitante, público meta, actividades complementarias y formas de operación. Desde mi punto de vista se pueden distinguir tres tendencias fundamentales: a) el museo como complemento de la enseñanza formal, b) el museo como espacio para la creatividad y desarrollo de habilidades y c) el museo como centro de diversiones y negocio.

a) El museo como complemento a la enseñanza formal

En estos museos los contenidos están muy apegados al sistema educativo y su finalidad principal es servir a éste. En ellos se considera que la visita al museo no debe ser una experiencia aislada, sino un elemento integral de la enseñanza de la ciencia. La planeación de estos museos se basa en los resultados de la investigación educativa, los programas oficiales y las nuevas propuestas curriculares. Un ejemplo sería el Arkansas Museum of Science and History cuya reforma se apoyó en el Proyecto 2061 del American Association for the Advancement of Science (Stanley, 1995)¹⁰¹.

Existen varias formas en que los museos pueden apoyar al sistema escolar. Por ejemplo pueden contar con instalaciones diseñadas para suplir las deficiencias de infraestructura de algunas escuelas u ofrecer actividades que son complementarias a los programas oficiales como conferencias, videos, o la realización de una práctica de laboratorio.

Existen museos que se pueden considerar como una extensión de la escuela. Tal es el caso de una escuela en St. Louis Missouri, construida junto al Science Museum de la misma ciudad. La escuela utiliza el museo continuamente como aula en la cual se imparten clases.

Estas instituciones mantienen un vínculo muy estrecho con el magisterio no sólo a través de talleres, cursos y otras actividades de capacitación, sino también como parte del equipo creativo del museo mismo.

La crítica fundamental que se hace a este tipo de museos es que sirven a un sector muy reducido de la sociedad, el escolar.

b) El museo como un espacio para la creatividad y desarrollo de habilidades

En estos museos la misión es ofrecer al visitante un espacio para desarrollar su creatividad e imaginación (Stanley, 1995). En ellos el visitante encuentra todo tipo de instrumentos para experimentar e inventar. Puede recibir, por parte del personal del museo, sugerencias en cuanto a cómo utilizar las herramientas, pero

¹⁰¹ Stanley, R. (1995). "First principles: Two Visions for Exhibit Development". ASTC Newsletter. July/ Aug. 1995.

el resultado final es responsabilidad del visitante. Hay poco énfasis en los contenidos y los equipamientos se caracterizan por ser de "final abierto".

Este tipo de museos son claramente de cuarta generación. Algunos ejemplos son Science North en Sudbury, Canadá y New Metrópolis en Amsterdam ¹⁰². Muchos museos del niño también caen dentro de esta clasificación. Éstos contienen mucho de ciencia en cuanto a contenido pero el énfasis no está en los conceptos, sino más bien en el desarrollo de habilidades sociales (Beetlestone, et. al. 1998).

La crítica fundamental que se hace a los museos de cuarta generación es que en un ambiente de tanta libertad no se aprende nada. Sin embargo, algunos autores consideran que es exactamente al revés, es decir, que al dejar abiertas las posibilidades de interacción, el visitante se involucra más y aprende más. El propósito de estos recintos no es dar información, sino estimular el pensamiento creativo y apoyar el desarrollo de habilidades requeridas para el aprendizaje. Los opositores a este tipo de museos argumentan que al ofrecer tantos posibles caminos al usuario, es posible que éste concluya algo totalmente erróneo desde el punto de vista científico. Sheila Grinell (Stanley, 1995), opina que es mejor salir con ideas "equivocadas" que salir sin ideas. Un argumento a favor sería que los equipamientos con final cerrado no son ninguna garantía de que el sujeto comprenda perfectamente qué es lo que sucede. En ambos casos la solución es contar con información a varios niveles para que el interesado encuentre lo que necesita. Esta información no tiene que estar en la sala misma, puede estar en una biblioteca o en una sección especial del museo para los que quieran saber más. En estos casos, es recomendable que se indique en el equipamiento mismo en dónde puede encontrar más información y/o contar con personal en el piso para orientar a los usuarios cuyas necesidades rebasen lo que se presenta.

c) El museo como centro de diversiones

Esta tendencia se observa principalmente en museos privados que sienten la necesidad de competir con los centros de diversión como parques temáticos o sitios de videojuegos. En el extremo de esta postura se encuentran los grandes empresarios de la diversión, EPCOT y Disney Corporation, que afirman que ofrecen un 5% de aprendizaje y 95 % de diversión (Beetlestone, et. al. 1998). Esperar más del 5% de aprendizaje que anuncian es difícil puesto que la interacción está totalmente controlada. Por lo general, todo es visto sobre una banda móvil y no existe posibilidad alguna de regresar a indagar más. El objetivo es claramente más comercial que educativo.

El visitante en estos museos-centros de diversión es considerado más bien como un cliente y es tratado como tal. No sólo se le ofrece mucha diversión con tal vez un poco de aprendizaje, sino también existen otras opciones a las cuales también puede tener acceso si paga más: espectáculos, tiendas en las cuales

¹⁰² Bradburne, J. (1998). "Dinosaurs and white elephants : the science center of the twenty first century". *Public Understanding of Science*. Vol. 7, 237- 253.

puede comprar artículos relacionados con lo que se exhibe, sitios para comer, en fin todo lo que se requiere para ocupar el tiempo libre.

La crítica fundamental que se hace a este tipo de museos es su alejamiento de sus objetivos "tradicionales", el que se asemejan más a lugares para jugar y en algunos casos su excesiva comercialización.

5.4.2 El uso de la tecnología en los museos

Uno de los grandes retos de los museos modernos es el uso de la tecnología actual. Esto puede ser hasta en el edificio mismo, como una demostración de lo que puede ser la tecnología del futuro. Este es el caso de los edificios "inteligentes" que están contruidos de manera tal que controlan su propio iluminación y clima. Algunos cuentan con mecanismos para monitorear su propia seguridad a través de sistemas que detectan incendios, temblores, cambios en la temperatura y en la humedad o robos (Hooper- Greenhill, 1995)¹⁰³.

En cuanto a su función educativa, la aplicación fundamental del uso de la tecnología está en el manejo de la información. Hoy en día lo más valioso de un museo no son sus objetos, sino la información que contienen y qué tan accesible es al público en cuanto a su contenido y factibilidad de que el visitante la obtenga y se la pueda llevar (Fahy, 1996)¹⁰⁴. Muchos museos de colecciones están trabajando en la automatización (por computadora) de la información, tomando en cuenta las características del usuario. Mediante sistemas expertos cada persona tiene acceso a la información generada por el museo y al mismo tiempo puede agregar la suya propia y expresar sus intereses sobre el tema que consulta. Así estará contribuyendo al banco de datos sobre el perfil del público. La información que produce el museo puede resultar de interés a diferentes usuarios y no sólo a los visitantes. A través de redes como el Internet esta información es consultable de diversas formas y por varios usuarios simultáneamente ubicados en instituciones educativas, de gobierno, otros museos, tanto en el país como en el extranjero (Fahy, 1996). Esta posibilidad de compartir información con otros museos permite ofrecer un panorama más amplio, actual y multicultural de la ciencia.

Otro aspecto de los museos que se ha visto alterado por la tecnología es el de los equipamientos interactivos. El grado de sofisticación que pueden alcanzar éstos depende en gran medida de los recursos económicos con que se cuenta. Dentro del rubro de equipamientos interactivos se encuentran los videos interactivos y los multimedia en los cuales se pueden combinar sonidos, imágenes en movimiento, gráficos y animaciones. Todo lo anterior es controlable por el usuario. Recientemente se ha empezado a introducir la simulación virtual en los museos, la cual ofrece una experiencia inmersiva mediante el uso de distintos intermediarios técnicos, como cascos, lentes o guantes. Esta nueva tecnología permite "simular" realidades tan dispares y diferentes como la

¹⁰³ Hooper- Greenhill, E. (1995). *Museums and the Shaping of Knowledge*. Ed. Routledge, London, New York.

¹⁰⁴ Fahy, A. (1996). *The Educational Role of Museums*. Ed. Routledge. London.

estructura molecular del agua, el sistema nervioso y seres vivos en diferentes hábitats (Borioli y Meyer, 1998) ¹⁰⁵. Las ventajas de la simulación virtual en el caso de la zoología, por ejemplo, son: a) se evita mostrar animales en cautiverio, disecados o en condiciones inadecuadas de espacio o hábitat, b) se pueden mostrar animales que requieren de ciertas condiciones que difícilmente podría satisfacer un museo debido a su tamaño, entorno o peligrosidad, c) se pueden mostrar animales en sus comunidades en su hábitat natural y no como entes aislados, d) se pueden examinar diferentes aspectos de la anatomía o fisiología de un animal y e) se pueden comparar especies, incluyendo las que pertenecen a otra época.

El avance en las computadoras y en las telecomunicaciones también cambiará el museo del futuro, debido a que se podrá transmitir una gran cantidad de información rápidamente a cualquier parte del mundo. Estos desarrollos tecnológicos nos permitirán presenciar una investigación que se lleva a cabo en lugares lejanos e inaccesibles como el fondo del mar, o Marte.

Los principales retos a vencer cuando se usan estas nuevas tecnologías son: a) el mantenerse al día en un campo que avanza demasiado rápido y b) el poder ofrecer un producto lo suficientemente atractivo y original como para competir con los centros de diversiones o lo que se pueden tener en la propia casa.

5.4.3 El museo y su público: el visitante, el usuario o el cliente

Así como han evolucionado los museos también ha cambiado el público que buscan atraer y la relación que éste tiene con los mismos. Cuando los museos tradicionales, de colecciones, abrieron sus puertas al público, existía una frontera muy definida entre el espacio privado del museo y el de los visitantes. En el primero se encontraba el curador, el científico y los expertos, que eran los responsables de los contenidos de lo que se exhibía. Del otro lado estaba el visitante, que sólo podía observar pasivamente los objetos. Esta separación llevó a un desconocimiento total el uno del otro. El visitante al desconocer al experto y cómo trabajaba era considerado por éste y por el mismo como un ignorante que nada tenía que decir sobre lo que se presentaba. Los expertos por su lado desconocían al público, sus intereses y el impacto de lo que producían. El visitante era claramente eso, un individuo que estaba presente en un espacio con permiso, en un lugar que le era ajeno y en el cual debía observar ciertas reglas de comportamiento.

Poco a poco esta frontera entre expertos y público se fue haciendo cada vez más difusa, así como la división entre el espacio público y el privado. El experto ya no era considerado el único que podía opinar sobre los que se les iba a presentar a los visitantes, los demás integrantes del equipo creativo también eran tomados en cuenta, así como los resultados de estudios sobre cómo la gente

¹⁰⁵ Borioli, L. y M. V. Meyer (1998). "Nuevos horizontes en los museos las simulaciones virtuales. *Museos, museología y diversidad cultural en América Latina y el Caribe*. VII Encuentro Regional. ICOFOMLAM 98. México, D. F.

aprende y el impacto que el mensaje produce en sus receptores. En algunos museos se ha establecido una zona en la cual se presentan equipos que están a prueba y sobre los cuales el público real puede opinar. Se establece así una comunicación mucho más fluida entre el museo y sus visitantes. En otros museos se da un paso más, incorporando visitantes al proceso mismo de creación de las exposiciones.

Con estos cambios no sólo ha ido variando la relación entre el museo y su público, sino que también ha evolucionado la composición del público y la actitud que adopta dentro de estos recintos. Anteriormente los museos eran visitados por sectores muy reducidos de la población que se caracterizaban por tener un cierto nivel económico y cultural, cercano al del científico o curador. Hoy en día los museos son visitados por un amplio espectro de la sociedad: escolares, familias, personas de la tercera edad y discapacitados, cada uno con sus propias necesidades (Hooper-Greenhill, 1995) que tienen que ser satisfechas. Para facilitar la comunicación con los visitantes y optimizar la información que aportan al proceso creativo, se ha acuñado el término de "público meta", el público que se estudia para planear y diseñar la exposición.

Existe una gran diferencia en la actitud del público en un museo tradicional y en uno interactivo. El primero es pasivo y el segundo es activo. Esta actividad y el nivel de involucramiento dependerá de las características del museo y qué tanto inviten a la actividad. Cuando el museo funciona como un centro de información, de apoyo al sistema escolarizado o un sitio de educación continua, el visitante adopta una actitud más bien de usuario.

Los museos-centro de diversiones han propiciado otro cambio más: el del visitante-cliente. Dado el carácter comercial de estas instituciones, el visitante se convierte en un cliente que ha comprado un servicio y se siente con derecho a exigir.

5.4.4. Problemas a los que se enfrentan los museos actuales

En la sección 5.4.1 se presentaron algunas cifras que muestran la expansión de museos interactivos y centros de ciencia a nivel mundial. A pesar de este "boom", James Bradburne (1998) considera que si éstos no se transforman corren el peligro de extinguirse en un futuro no muy lejano. Señala que algunos de los problemas de los museos actuales es que son caros de construir, caros de mantener y caros de modificar. En muchos casos una parte considerable del presupuesto para su creación se va en la construcción de edificios con características especiales. En opinión de este autor sería preferible invertir en personal y en el diseño de programas. Para funcionar adecuadamente estas instituciones requieren personal especializado para su planeación, diseño, construcción y operación. Además, deben ser evaluados con cierta frecuencia (a lo largo de las diferentes fases del proceso creativo) para que puedan mejorar.

Beetlestone y sus colegas (1998) comentan que tanto los museos de colecciones de objetos como los de colecciones de efectos (repetibles y predecibles) pueden ser vistos por un visitante un número determinado de veces y

después pierde el interés y el número de visitantes comienza a decaer. Esto es particularmente crítico en el caso de museos pequeños, con una superficie de exposición menor a los 800 m². Para incrementar el número de visitantes el museo tiene que ofrecer algo nuevo, como exposiciones temporales o tiene que actualizar y modificar las salas existentes. Otra opción es ofrecer actividades complementarias como talleres, cursos, obras de teatro, conferencias, videos y espectáculos.

Hoy en día los museos basan parte de su éxito en que ofrecen experiencias nuevas que no se pueden vivir en un salón de clases. Desgraciadamente, el rápido avance de la tecnología los puede tornar obsoletos en muy poco tiempo. Mucha de la tecnología, la interactividad y los medios electrónicos que antes eran exclusivos de los museos ahora se pueden encontrar en centros recreativos o se pueden adquirir para la casa, por lo cual la batalla de la tecnología está muy difícil de ganar. Sin embargo, lo que no es sustituible es la posibilidad de experimentar en vivo y la interacción con las personas. El Internet no puede sustituir el lugar físico de un museo como lugar de visita y de interacciones sociales entre los que van y el personal del museo. Nunca será lo mismo comunicarse personalmente con alguien que hacerlo por correo electrónico.

En opinión de Beetlestone y sus colegas (1998) para que estos museos o centros de ciencia sobrevivan tienen que convertirse en verdaderos sitios de enseñanza no-formal, esto es, deben caracterizarse por su flexibilidad y por estar centrados en el usuario. Las instituciones tienen que buscar la manera de integrarse a la vida de la comunidad local y tener la capacidad para adaptarse rápidamente a los cambios.

5.5 EL MUSEO DEL SIGLO XXI

La ciencia tiene que ser parte integral de la cultura del ciudadano del próximo siglo. Esto queda de manifiesto en propuestas educativas como el Proyecto 2061¹⁰⁶ o en documentos como el de Worlds Apart¹⁰⁷. Las preguntas que surgen ante estos planteamientos son ¿qué significa tener una cultura científica? ¿cuáles serían los conocimientos básicos para una persona que no se dedica a la ciencia?, ¿cuál debería ser su potencial de aplicación de esos conocimientos? ¿Debería ser capaz de resolver ciertos problemas, a nivel cualitativo, a nivel numérico o simplemente debe poder entender la solución? o ¿esta capacidad debe ser simplemente para apreciar la ciencia de la misma manera que se aprecia una obra literaria sin ser escritor o una obra musical sin ser compositor o intérprete?, ¿hasta dónde debe llegar la escuela media superior en la formación de esta cultura científica del futuro ciudadano?, ¿cuáles son los temas fundamentales del curriculum para este fin y con qué enfoque y

¹⁰⁶ Ciencia: conocimiento para todos. Proyecto 2061 del American Association for the Advancement of Science. Biblioteca para la actualización del maestro. SEP, 1997.

¹⁰⁷ Hartz J. y R. Chappell (1998). "Worlds Apart": How the distance between science and journalism threatens America's Future. First Amendment Center. Estados Unidos.

profundidad deben estudiarse? No hay respuestas absolutas a todas estas interrogantes y ciertamente las respuestas dependerán del perfil del futuro ciudadano y del modelo de sociedad. ¿Se quiere formar a expertos en resolver problemas puntuales de manera eficiente bajo la dirección de un pequeño grupo con una visión más amplia y con intereses muy claros, o es preferible sacrificar un poco esta eficiencia en aras de la innovación con individuos menos especializados pero con una visión más amplia? Esta segunda opción requiere de la formación de individuos autónomos, creativos, críticos y propositivos, con capacidad de decisión pero que al mismo tiempo puedan colaborar con otros en la resolución de problemas.

En esta sección se discutirán algunas de estas preguntas, señalando la contribución que pueden ofrecer los divulgadores de la ciencia y muy particularmente el papel de los museos de ciencia dentro de este contexto.

Muchos autores como Volpe (1984)¹⁰⁸ y Hartz y Chappel (1998)¹⁰⁹ manifiestan su preocupación por la escasa cultura científica de la población y las repercusiones que esto tendrá en el futuro. Los responsables del currículum en ciencias se enfrentan al problema de que cada vez hay más conocimientos y el tiempo que se puede destinar a estas materias dentro del sistema escolarizado es el mismo. En la mayoría de los programas escolares, difícilmente alcanza el tiempo para ver algo de ciencia contemporánea, es decir, la que se está desarrollando en este momento. Por ejemplo en física, aún en la licenciatura, la física moderna que se estudia es de principios de siglo. La solución no es simplemente eliminar ciertos temas para agregar otros, porque algunos de estos temas que se pueden calificar como clásicos, son fundamentales para entender lo actual. Tampoco tiene sentido robar tiempo de otras materias, que también son necesarias y saturar al estudiante con más información. Una persona con una cultura científica básica no es sólo aquel que tiene mucha información, también debe entender cómo se hace la ciencia, y poseer los conocimientos básicos para comprender (a nivel de divulgación) lo más reciente en ciencia y al mismo tiempo tener elementos de juicio para tomar decisiones relacionadas con la ciencia que cada día le afectan más. Tiene que aprender a aprender, aprender a observar, a indagar, aprender a buscar la información que requiere y tener la capacidad para interpretarla.

La economía global y las nuevas tecnologías están cambiando los lugares de trabajo rápidamente y las personas tienen que estar preparadas para adaptarse a este ritmo. Para apoyar esta necesidad, el sistema educativo tiene que reemplazar su énfasis de contenidos por uno de desarrollo de habilidades (Bradburne, 1998). Por lo tanto, un nuevo currículum en ciencia para el nivel medio y medio superior debe incluir dos aspectos: el desarrollo de habilidades que le permitan aprender rápidamente y los contenidos mínimos para entender los nuevos contenidos que requiere para ese aprendizaje. Como no es posible que una persona domine todas las áreas o que pueda asimilar todo rápidamente,

¹⁰⁸ Volpe, E. Peter. (1984). "The Shame of Science Education" *Amer. Zool.* Vol. 24, 438-441.

¹⁰⁹ Hartz, J. y R. Chappel (1998). "Worlds apart: How the distance between science and journalism threatens America's Future". First Amendment Center.

también es indispensable que aprenda a trabajar en equipos en los cuales existen personas con diferentes conocimientos y habilidades. Por lo tanto el currículum también debe estimular el desarrollo de habilidades de comunicación, colaboración y discusión.

Tenemos la necesidad de continuar aprendiendo toda la vida. Como esto rebasa las posibilidades del sistema escolarizado, se tiene que recurrir a la enseñanza no-formal y al autoaprendizaje. Además de las instituciones de enseñanza informal (aquellos que dan cursos pero que no tienen carácter obligatorio), esta labor recae en buena medida en los divulgadores. Desde mi punto de vista la tarea fundamental de los divulgadores es contribuir a la formación de una cultura científica de la población en el sentido amplio que se ha mencionado. Esto incluye apoyar a este proceso continuo de aprendizaje, para lo cual se requieren explicaciones del conocimiento científico a un nivel del no especialista. Uno de los beneficios es que pueden contribuir a la formación del criterio de las personas. Por lo anterior, en la medida de lo posible, se busca fomentar el desarrollo de habilidades. Esto es algo que difícilmente se puede lograr con algunos medios utilizados en la divulgación como el escrito, el video, la radio y el cine, pero que con otros como los electrónicos y muy especialmente los museos es muy fácil de lograr.

Una sociedad educada requiere instituciones y alternativas de enseñanza no-formal, ambientes de aprendizaje como los museos de cuarta generación (Bradburne, 1998). Estos museos no deben servir únicamente a los escolares sino a otros sectores de la población (Beetlestone, et. al., 1998). Los museos actuales no pueden cubrir todos los temas que no se ven en la escuela y se encuentran ante un dilema similar al del sistema escolarizado en el sentido de que no pueden abarcar toda la ciencia, por lo cual tiene que dejar muchos temas de lado. En la presentación de los temas elegidos generalmente se muestra una colección de principios y efectos, sin mayor explicación de cómo se hace la ciencia.

Bradburne (1998) propone que los museos cambien su orientación y ofrezcan una experiencia diferente. Para que estos museos cumplan con su nueva misión deben establecer un vínculo muy estrecho con la comunidad local como un fuerza impulsora del cambio de la misma (Beetlestone, et. al. 1998). Así algunas instituciones muestran la ciencia y la industria local con la intención de interesar a los jóvenes para que después se involucren profesionalmente. Estos museos tienen que tomar en cuenta la cultura, las prácticas y las experiencias locales pero sin olvidarse de lo global. Deben convertirse en lugares para socializar, en los cuales se lleven a cabo discusiones o debates sobre temas de actualidad que interesan a la comunidad. También deben ser lugares de reunión para el tiempo libre en los cuales se ofrecen actividades diversas como talleres, espectáculos y tal vez obras de teatro y conciertos. El éxito se debe medir no por el número de visitantes, sino por su integración en la comunidad local.

Al presentar obras de teatro, conciertos y otras expresiones artísticas se ve la ciencia como parte de la cultura general y no como un ente aislado. Si las fronteras entre las diferentes áreas de conocimiento se borran en la vida

cotidiana, qué sentido tiene mantenerlas en este tipo de lugares. La ciencia y el arte pueden ir de la mano como dos partes fundamentales de un todo.

Bradburne (1998) propone alejarse del modelo tradicional de museo y acercarse más al modelo de biblioteca, un lugar en el cual el usuario, no el visitante, regresa con frecuencia porque es útil para su formación, es un buen sitio para convivir y compartir con los demás o porque lo encuentra estimulante. Lo que ahí encontrará el usuario no es sólo información sobre ciencia y tecnología; éstas se convierten en un pretexto para el desarrollo de ciertas habilidades como la abstracción, la experimentación y la colaboración. Este tipo de museo estará más centrado en el que aprende, diseñado fundamentalmente para usuarios y no para visitantes. La diferencia es que el usuario tiene una actitud más activa tanto a nivel físico como mental, el visitante en cambio es un sujeto más pasivo que recibe lo que se le ofrece.

Como se vio en la sección anterior, actualizar un museo significa la realización de proyectos caros, el desarrollo de nuevos equipamientos, nuevas exposiciones o salas y la incorporación de nuevas tecnologías. Por lo anterior, es preferible construir exposiciones flexibles e itinerantes, que permanentes y rígidas. Para estar al día se puede recurrir a los nuevos medios de comunicación como el Internet, en el cual se puede poner énfasis en lo local y presentar la cultura global en el sitio virtual. En *Metrópolis* (en Amsterdam) estar al día significa actualizar diariamente la información que se ofrece (Bradburne, 1998).

La meta fundamental en museos de cuarta generación, muchos de los cuales fueron museos más tradicionales que han optado por este camino, es crear situaciones para un aprendizaje que se caracteriza por ser autoiniciado, autodirigido y autosostenido. Un sitio de enseñanza no formal como el que se describe, señala Bradburne, es un lugar único para aprender sobre el aprendizaje, debido a dos elementos: las oportunidades para hacer investigación y su alcance. En cuanto a las oportunidades para hacer investigación en estos lugares se pueden probar nuevas estrategias para estimular el aprendizaje porque aquí el sujeto aprende porque quiere, no porque está obligado a hacerlo. En cuanto al alcance, como todo está planeado para usuarios, no para estudiantes, se puede abarcar un sector más amplio de la población. Las estrategias que funcionan en un ambiente como este, también se pueden aplicar al contexto formal. Por lo tanto, los conocimientos que se adquieren sobre cómo se aprende, pueden ser de gran utilidad para la capacitación de maestros y nuevas propuestas curriculares.

CONCLUSIONES FINALES

El conocimiento es producto de un proceso continuo de construcción como resultado de la interacción del sujeto con el medio natural, social y cultural en que vive. Por lo anterior, todas las experiencias contribuyen en mayor o menor grado a este proceso. Una experiencia que puede ser particularmente significativa es la que se ha descrito a lo largo de esta tesis, la que se vive en un museo. Aunque la misión fundamental de la mayoría de los museos es contribuir a la difusión de la cultura, pueden llegar a ser un gran auxiliar a la enseñanza formal. Para explotar el potencial didáctico de este recurso, es importante no emplear las estrategias propias de un contexto formal, sino aprovechar sus características de ambiente no-formal. Lo principal es enriquecer la experiencia para una reflexión posterior, tomado en cuenta que se recuerdan más los efectos que las explicaciones. La interpretación y la reflexión que se haga de la experiencia y su incorporación dentro de la red de conocimientos y experiencias de cada individuo dependen de las características particulares de cada uno. La experiencia del museo comienza desde el momento en que se tiene pensado ir, y no se puede dar por terminada porque se integra al bagaje de experiencias de cada uno. Por lo anterior, se puede enriquecer considerablemente y sacar el máximo provecho del potencial didáctico de este recurso con actividades antes, durante y después de la visita.

En cuanto al cambio conceptual, como es un proceso gradual que requiere de reforzamientos frecuentes, mostrando el mismo fenómeno o el mismo concepto en diferentes contextos, la contribución del museo a este proceso puede ser importante y significativa. Lo que más destaca de la contribución de un museo al proceso de cambio conceptual es la posibilidad de experiencias concretas con objetos reales, sobre todo cuando existen limitaciones para este tipo de experiencias en el aula. Muchas veces el poder realizar un experimento, ver un objeto en tercera dimensión o a la escala correcta es lo que hacía falta para comprender un concepto. Además, el hecho de que el museo sea un multimedio en el cual se puede utilizar el medio más apropiado para comunicar cada concepto, satisfaciendo diferentes estilos de aprendizaje, empleando todos los sentidos, también contribuye al aprendizaje significativo y por consiguiente al cambio conceptual cuando los equipamientos son utilizados de la manera correcta y las explicaciones toman en cuenta las características particulares de cada visitante.

Con el fin de enriquecer la experiencia, como ya se había mencionado, y sacar el máximo provecho del potencial didáctico del museo, es conveniente trabajar con los maestros, sin sus alumnos, antes de que éste vaya con su grupo. En esta interacción es fundamental insistir en el hecho de que es un ambiente no-formal de aprendizaje por lo cual puede resultar contraproducente emplear estrategias propias de un contexto formal. Como se vio, este trabajo previo puede ser desde una interacción breve en la cual se muestra el museo y se presentan nociones sobre cómo emplear este recurso, hasta talleres o estancias prologadas en el museo. Este acercamiento entre docentes y el personal que labora en el

museo es beneficiosa para ambos sectores. Los maestros aprenden más sobre cómo aprenden sus alumnos y también conocen nuevas formas o estrategias para comunicar la ciencia. El museo conoce mejor a un sector importante de su público, el escolar y entiende más sobre el impacto de los materiales que produce. Esta información es muy útil para el desarrollo de nuevas exposiciones o para modificar las existentes.

Un apoyo importante para el público en general y para el estudiantil en particular es contar con material escrito que complemente la información que ofrece el museo. Éste debe ser variado para satisfacer las necesidades de diferentes sectores de la población. En cuanto al estudiantil se podrían ofrecer materiales tanto para el maestro como para el alumno para diferentes niveles escolares.

La experiencia es mucho más completa si además de visitar las salas y operar los equipamientos, el visitante tiene la oportunidad de realizar algún taller, asistir a una conferencia, ver un video, presenciar un espectáculo o una obra de teatro, por lo cual el museo debe considerar estas actividades como fundamentales.

Al analizar la experiencia y el aprendizaje que resulta de ésta, es interesante observar cómo es más exitosa la de una familia que la de un grupo escolar, por lo cual sería recomendable efectuar más estudios como los realizados por el PISEC (ver sección 3.3.5.2.b) para detectar cuáles son los elementos que hacen que esta experiencia sea más rica. Ciertas características de la visita de grupos familiares podrían transportarse a grupos escolares, como una relación más afectiva y menos jerárquica; el hecho de que se desplazan en grupos pequeños acompañados por una persona mayor; el intercambio permanente de lo que están observando y la posibilidad de incorporar esta experiencia al conjunto de vivencias colectivas. Las familias aprovechan el museo como lo que es: un ambiente no-formal de aprendizaje y no un sustituto de la escuela.

Al crear la experiencia, el personal del museo tiene que tomar en cuenta que ésta depende de tres contextos: el personal, el social y el físico y que es la interacción de éstos la que se debe tomar en cuenta para la planeación, diseño, construcción y evaluación de la misma. Otro elemento importante a considerar es que existen diferentes estilos de aprendizaje y cuando éste se da no sólo es a nivel cognitivo, sino afectivo y de desarrollo de habilidades también. Como el museo es un multimedio es factible satisfacer estas necesidades. Además, dada la heterogeneidad del público es importante ofrecer algo para todos. Esto implica manejar varios niveles de comunicación. El primer nivel debe destacar el aspecto fenomenológico con el fin de contribuir al bagaje de experiencias. Sin embargo, también debe estar disponible la explicación del efecto observado o más información si así lo requiere el visitante. Esta labor del museo es aún más completa cuando se cuenta con personal capacitado para adaptar el mensaje al nivel y las necesidades de cada visitante. Todas estas características hacen que el museo sea un buen apoyo para la enseñanza formal, independientemente de a qué generación pertenezca. Una mente creativa, sin importar su nivel educativo

o socio-económico, siempre encontrará la forma de sacar provecho de este medio como herramienta de aprendizaje. Esto también se observa en las familias: el entusiasmo que comunica una madre a sus hijos al realizar alguna actividad, aunque no sepa mucho del tema, es un estímulo único para que todos quieran saber más. Esto puede ser más valioso que una explicación muy completa del tema pero que carece de la intención, por parte del "expositor", de comunicarse con su interlocutor.

En cuanto al futuro de los museos se vio que existen tres tendencias fundamentales: los museos-escuela, que están más apegados al sistema escolarizado, diseñados para estudiantes; los museos-centros de diversiones o negocios, diseñados para consumidores y los museos de cuarta generación orientados hacia el desarrollo de la creatividad, diseñados para usuarios. Podría parecer que estos dos últimos tienden a separarse de lo educativo y esto es cierto en el sentido estricto si se piensa sólo en los contenidos de los programas oficiales; sin embargo, al igual que los museos de distintas generaciones, en los tres se pueden vivir experiencias enriquecedoras que contribuyen al desarrollo del individuo.

El hecho de que un museo sea un ambiente no-formal, independientemente de su tendencia o la generación a la que pertenezca, lo convierte en un buen laboratorio para aprender cómo se aprende. Por lo cual es un sitio idóneo para la capacitación de maestros y para probar nuevas estrategias de aprendizaje.

Desde mi punto de vista, un museo es el que se describió para el siglo XXI, es el que requiere la sociedad y también es compatible con un nuevo modelo educativo que ya es urgente. Considero que se requiere un modelo educativo que forme al ciudadano del futuro: más informado, más creativo, más analítico, que pueda convivir en comunidad y trabajar en equipo. Un individuo que cuente con las habilidades para aprender rápidamente, buscar la información, interpretarla y aplicarla, y con elementos de juicio para tomar decisiones sobre su vida personal y sobre la comunidad a la que pertenece.

Los objetivos del museo del futuro deben ser compatibles con los que se han considerado como los objetivos educativos para un nuevo currículum; con esto, el museo no pierde su esencia como tal, ni sacrifica su independencia como institución cultural. Todo lo contrario, estaría realmente contribuyendo a la formación de una sociedad culta y preparada para enfrentarse a todo tipo de retos, formación que no puede terminar cuando se sale de la escuela sino que tiene que ser para toda la vida. El museo al que me refiero sería uno que estuviera integrado a la comunidad; un espacio para el tiempo libre, un lugar de reunión y discusión, un espacio para el crecimiento intelectual y emocional. Su misión: contribuir a la formación del ciudadano del futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso, Marcelo y Edward J. Finn (1967). *Fundamental University Physics: Mechanics*. Vol. 1. , Capítulo 7. Ed. Addison-Wesley.
- Arámbula, G.Teresa. (1995). "Sex Differences in Science Museum Exhibit Attraction". *Journal of Research in Science Teaching*. **32**, no. 9, 925-938.
- Arons, A. B. (1983). "Students Patterns of Thinking and Reasoning". *The Physics Teacher*. **9**, 576-581.
- Barrera, R. y A. Gallardo (1982). "Sobre los problemas de confrontación teoría-experimento". *Revista Mexicana de Física*. **28**, no. 4, 683-720.
- Becerra, J.; J. Flores y E. Reynoso. (1995). "Cómo hicimos UNIVERSUM". *Información Científica y Tecnológica*. **17**, no. 226, julio, 1995.
- Beetlestone, J. G. , Colin C. Johnson, M. Quin y H. White. (1998). "The Science Center Movement: contexts, practice, next challenges". *Public Understanding of Science*. **7**, 5-26.
- Benlloch, M., J.I. Pozo. (1996) "What Changes in Conceptual Change? From Ideas to Theories: Science Research Education in Europe". Welford and Goff, et. al. editors. Falmer, London, 200-211.
- Blakemore, R. y R. Frankel (1981). "Magnetic Navigation in Bacteria". *Scientific American*. **245**, no. 6.
- Boisvert Lozowski, D. & B. Jochums Slez (1994). "The Relationship between Visitor Characteristics and Learning Associated Behaviors in a Science Museum Discovery Space". *Science Education*. **78**, no.2, 137-148.
- Borun, M., C. Massey & T. Lutter. (1993). "Naive Knowledge and the Design of Science Museum Exhibits". *Curator*. **36**, no.3, 201-219.
- Bradburne, James. (1998). "Dinosaurs and White Elephants: the science center in the twenty first century". *Public Understanding of Science*. **7**, 237-253.
- Brown, D. E. (1994). "Facilitating conceptual change using analogies and explanatory models". *International Journal of Science Education*. **16**, no. 2, 201-214.
- Calderón, Palacios, F. (1995). *Revista Mexicana de Pedagogía*. **5**, no. 19, 30-35.

- Carlson, S. (1994). "Cognitive Model for Learning in Educationally Oriented Recreational Facilities". *Proceedings of the Seventh Annual Visitor Studies Conference*. Raleigh, N. C., E.E.U.U.
- Cetto, A. M., H. Domínguez, J. M. Lozano, R. Tambutti y A. Valladares. (1979). *El Mundo de la Física: Corrientes eléctricas y fenómenos electromagnéticos*. Tema 8. Ed. Trillas, México.
- *Ciencia: conocimiento para todos. Proyecto 2061*. American Association for the Advancement of Science. Biblioteca para la actualización del maestro. SEP, 1997.
- DeBuvitz, W. (1990). "The Importance of Scale Drawings or: Let's Not Blow Things out of Proportion". *The Physics Teacher*. Dec. 1990. 604-605.
- Diamond, J. (1994). "Sex Differences in Science Museums: a Review". *Curator*. 37, no.1, 17-24.
- Dristas, J., M. Borum, J. Johnson, N. Peter, K. F. Wagner, K. Jangard, E. Stroup, A. Wegner. (1998). *Family Learning in Museums: the PISEC Perspective*. Philadelphia Camden Informal Science Education Collaborative (PISEC), The Franklin Institute, Philadelphia, PA., E.E.U.U.
- Driver, R., E. Huense, A. Tiberghien (1985). *Ideas científicas de la infancia y en la adolescencia: electricidad y circuitos sencillos*. Cap. III. Ministerio de Educación y Ciencia. Centro de Publicaciones, Ediciones Morata, S. A., Cd. Universitaria, Madrid, España.
- Fahy, A. (1996). *The Educational Role of Museums*. Ed. Routledge. Londres, Inglaterra.
- Falk, J. & L. Dierking. (1992). *The Museum Experience*. Whalesback Books, Washington, D. C.
- Falk, J. H., J. J. Koran & L. Dierking. (1986). "The Things of Science: Assessing the Learning Potential of Science Museums". *Science Education*. 70, 5, 503-508.
- Falk, J. H., T. Moussouri & D. Coulson. (1998). "The Effect of Visitor's Agendas on Museum Learning". *Curator: The Museum Journal*. 41, no. 2, 107-120.
- Feher, Elsa & Judy Diamond (1990) "Science Centers as Research Laboratories". *What Research Says About Learning in Science Museums*. ASTC, Washington, D.C., 26-28.

- Félix Estrada, A., J. de Oyarzabal y M. Velasco H. (1972). *Lecciones de Física*. CECSA, México, D. F.
- Fierro, H. Enrique. (1996) *Análisis de los esquemas alternativos sobre el concepto de corriente eléctrica que presentan estudiantes del nivel medio superior*. Tesis para obtener el título de físico. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Frankel, Blakemore, Torres Araujo (1981). "Magnetic Bacteria at the Geomagnetic Equator". *Science*. **212** , 1269-1270.
- Gilbert, J. & M. Priest (1997). "Models and Discourse: a Primary School Class Visit to a Museum". *Science Education*. **81**, 749- 762.
- Griffin, J. & D. Symington. (1997). "Moving from Task-oriented to Learning-oriented Strategies on School Excursions to Museums". *Science Education*. **81**, 763- 779.
- Grinell, S. (1992). *A New Place for Learning Science*. Association of Science and Technology Centers (ASTC). Washington, D.C., E.E.U.U.
- Guerra, M. y E. Reynoso. (1994). "Alternative Frameworks Concerning Photosynthesis". *Theory, Research and Practice*. Proceedings of the Visitor's Studies Conference. Raleigh, N.C., E.E.U.U., pag. 16.
- Gutierrez, Rufina. (1984). *Piaget y el Curriculum de Ciencias*. Instituto de Estudios Pedagógicos Somosaguas. Ediciones Narcea, S. A. , Madrid, España.
- Hartz, J. y R. Chappel (1998). "Worlds Apart: How the distance between science and journalism threatens America's future" First Amendment Center.
- Hawkins, D. (1992). " Messing about in Science" *A New Place for Learning Science*. ASTC, Washington, D. C. , E.E.U.U., 73-79.
- Hein, George. (1995). "Evaluating, Teaching and Learning in Museums". *Museum, Media and Message*. Edited. by Eileen Hooper-Greenhill. Routledge, London, New York. pags. 189-203.
- Hills, George, L. C. (1989). "Students "Untutored Beliefs about Natural Phenomena: Primitive Science or Common sense? ". *Science Education*. **73**, no. 2 , 155-186.
- Hooper-Greenhill, Eileen (1995). *Museums and the Shaping of Knowledge*. Ed. Routledge, London, New York.

- Hooper-Greenhill, Eilean (1996). *Museums and their Visitors*. E. Routledge. London, New York, Cap. 8. pags. 140 -170.
- Jara, S. (1990). "La enseñanza de la física en primaria (Un estudio de sexto grado en el Estado de Michoacán). *Revista Mexicana de Física*. 36 , 431-445.
- Johhson, J. (1992). "Training is not Trivial". *A New Place for Learning Science*. ASTC. Washington, D.C., pags. 101-104.
- Linder, C. (1993). "A Challenge to Conceptual Change". *Science Education*. 77, no. 3 , pags. 293-300.
- Lucas, A. M. (1991). "Info-tainment and Informal Sources for Learning Science". *International Journal for Science Education*. 13. no. 5. pags. 495-504.
- McManus, P. M. (1987). " It's the Company you Keep: the School Determination of Learning-related Behaviour in a Science Museum. *The International Journal of Museum Management and Curatorship*. 6. 263-270.
- Miles, R. (1986). "Museum Audiences ". *The International Journal of Museum Management and Curatorship*. no. 5. 73-80.
- Miles, R. & Alan F. Tout. (1996). "Outline of a Technology for Efective Science Exhibits". *The Educational Role of the Museum* Routledge, E.E.U.U. y Canadá.
- Moreira, M. A. (1995 a). "La Teoría del aprendizaje significativo". La enseñanza del electromagnetismo basada en la teoría del aprendizaje significativo. Coordinación de Programas Académicos. UNAM. Curso impartido en la Facultad de Ciencias, UNAM. 1 al 8 de abril de 1995.
- Moreira, M. A. (1995 b). "Cambio conceptual" *La enseñanza del electromagnetismo basada en la teoría del aprendizaje significativo*". Facultad de Ciencias, UNAM.
- Mota, Mario y Juan José Espinosa (1989). *Circuitos Eléctricos*. (traducción y adaptación). Escuela Nacional Preparatoria (ENP). UNAM., México.
- Nagel, E. (1978). "La ciencia y el sentido común" *La estructura de la ciencia*. Ed. Paidós. Buenos Aires, Argentina. 15-26.
- Noce, G., G. Torosantucci, M. Vicentini (1988) The floating of objects on the moon: prediction from theory or experimental facts? *International Journal of Science Education*. 10 (1), 61-70.

- Nussbaum, J. (1989). "Classroom Conceptual Change: Philosophical Perspectives". *International Journal of Science Education*. Special Issue. 11, pags. 530-540.
- Osborne, R. y P. Freyberg (1991). "El aprendizaje de las ciencias: implicaciones de las ciencias de los alumnos". Ed. Narcea, S. A. de Ediciones Madrid, Madrid España.
- Padilla, Jorge. (1999). "Desarrollo de los museos y centros de ciencia en México". Conferencia Magistral. VIII Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia, organizado por la SOMEDICYT (Sociedad Mexicana de Divulgación de la Ciencia y la Técnica). León, Gto., marzo, 1999.
- Pansza, Margarita (1988). "Una aproximación a la epistemología genética de Jean Piaget". *Perfiles Educativos*. CISE, UNAM.
- Pessoa de Carvalho, Anna María (1989). *Física: Proposta para um ensino construtivista*. Temas Básicos de Educacao e Ensino. Grupo dos Editores de Livros Universitarios. Camara Brasileira do Livro. Sao Paulo, Brasil.
- Philips, John, L (1969). *The Origins of Intellect: Piaget's Theory*. W. H. Freeman and Co. San Francisco, E.E. U.U.
- Piaget, Jean (1979). *Seis Estudios de Psicología*. De. Seix Barral, S.A. Barcelona, México.
- Posner, G. et. al. (1982). "Accomodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science*. 66, no. 2, 211-227.
- Pozo, Juan Ignacio (1994). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. 3a. Ed. Ediciones Morata, Madrid, España.
- *Physical Science Study Committee (PSSC)* (1966). 2a Edición. Ed. Reverté Zaragoza, España, pag. 339.
- Ramey- Gassert, L. & H. Walberg (1994). "Reexamining Connections: Museums as Science Learning Environments". *Science Education* . 78, no. 4., 345-363.
- Ramos, M. P , E. Reynoso y P. Segarra (1992). " Conceptos alternativos en relación a la inversión térmica". XXXV CONGRESO NACIONAL DE FÍSICA. Puebla, Pue. 1992.
- Resnick, L. & M. T. H. Chi. (1992). "Cognitive Psychology and Science Learning". *A New Place for Learning Science*. ASTC. Washington, D.C., 80.

- Reynoso, H. E.; E. Fierro H.; G. Torres O. ; M. Vicentini (1993). "The Alternative Frameworks Presented by Mexican Students and Teachers Concerning the Fall of Bodies". *International Journal of Science Education*. 15, no. 2, 127-138.
- Reynoso, H., E. & E. Fierro H. (1994). "Alternative Frameworks Concerning Phases of the Moon and Eclipses and the Design of an Exhibition". *Theory, Research and Practice*. Vol. 7. Proceedings of the Visitors' Studies Conference. Raleigh, N. C, E.E.U.U.
- Reynoso, H. Elaine. (1995). "A Science Museum: A Powerful Aid to Formal Education". *AIP Conference Proceedings 341. CAM Physics Meeting*. 281-286.
- Reynoso, H. Elaine. (1996). "El potencial didáctico de un museo de ciencias interactivo". *Revista Mexicana de Pedagogía*. Año VI, no. 22., 19-23.
- Reynoso, H. Elaine. (1997). "La relación entre museos de ciencia interactivos y la enseñanza formal". Ponencia presentada en la V Reunión de la Red Pop. UNESCO. La Plata, Argentina, 21 al 23 de abril de 1997.
- Reynoso, H. Elaine. (1998). "La planeación de un museo interactivo de ciencias. *Cómo hacer un museo de ciencias* 1a Edición. Compilador Jorge Flores Valdés. FCE, UNAM. México, D. F..
- Roberts, L. (1994). "Education on Exhibit Teams: a New Role, a New Era. *Journal of Museum Education*. autumn, 1994. pags. 6- 9.
- Rosebery, A. S. & G. M. Puttick . (1998). "Teacher professional development as situated sense-making: a case study in science education". *Science Education*. 82, no. 6, pags. 649 - 677.
- Ruggiero, S.; F. Dupré y M. Vicentini-Missoni (1985). "Weight, Gravity and Air Pressure: Mental Representations by Italian Middle School". *European Journal of Science Education*. 7, no. 2, 181-194.
- Salgado Arteaga, M. P. (1998). "Atención al público". *Cómo hacer un museo*. FCE-UNAM, México, D. F., pags. 124-129.
- Sánchez, M. Carmen. (1997). "Apoyo para visitas planeadas" PREESCOLAR. UNIVERSUM, Museo de las Ciencias, UNAM.
- Screven, C. G. (1990). "Uses of Evaluation Before, During and After Exhibit Design. *International Laboratory for Visitor Studies*. 1(2), 36-66.

- Segarra, A. Maria del Pilar (1984). "Corrientes actuales en la didáctica de la ciencia". *Reporte Interno*. Facultad de Ciencias, UNAM. México, 1984.
- Serrano, Teresa & Angel Blanco (1988). *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias*. Narcea, S.A. de Ediciones Madrid. Madrid, España
- Serrell, Beverly. (1990). "Interview with Roger Miles, Head of the Department for Public Programs of the Natural History Museum of London". *International Laboratory of Visitors Studies*. (1)2, 109-116.
- Shipstone, D. M. (1988). "A Study of students' understanding of electricity in five European countries". *International Journal of Science Education*. 10, no. 3, 303-316.
- Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica. (1992). *La diversidad de la divulgación de la ciencia*. II Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia. Xalapa, Ver., 1992.
- Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica. (1994). *La Trayectoria de la Divulgación de la Ciencia*. IV Congreso Nacional de Divulgación de la Ciencia. San Luis Potosí, 1994.
- Stanley, R. (1995). "First principles: two visions for exhibit development". *ASTC Newsletter*, July/August, 1995.
- Stevenson, J. (1991). "The Long-term Impact of Interactive Exhibits". *International Journal of Science Education*. 13, no. 5, pages. 521-531.
- Tallant, P. David (1993). "A review of misconceptions of electricity and electrical circuits". *International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Cornell University, Ithaca, N. Y., august, 1993.
- Tressel, W. George. (1992). "The Role of Informal Learning in Science Education". *A New Place for Learning Science*. ASTC., Washington, D.C.
- Tulley, A. & A. M. Lucas. (1991). "Interacting with a Science Museum Exhibit: Vicarious and Direct Experience and Subsequent Understanding". *International Journal of Science Education*. Vol. 13, no. 5, pages. 533-542.
- Ucko, D. A. (1992). "Mission not Impossible". *A New Place for Learning Science*, ASTC, Washington, E.E.U.U., 29-31.
- Vicentini, M. (1980). "Common Sense Knowledge and Scientific Knowledge" *Proceedings of the conference: "World Trends in Science Education*. Atlantic Institute of Education. Ed. Mac Fadder, pag. 276-281.

- Vicentini, M. (1982). "Paradigmas humanos: problemas en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia". Curso internacional sobre enseñanza de la física. Universidad del Valle. División de Ciencias. Multitaller de Materiales Didácticos. Cali, Colombia.
- Viennot, L. (1979). "Spontaneous Reasoning in Elementary Mechanics" *European Journal of Science Education*. 1, no. 2, 205-221.
- Villani, A. (1992). "Conceptual Change in Science and Science Education" *Science Education*. 76 (2), pags. 223-227.
- Volpe, E. Peter. (1984) "The Shame of Science Education". *Amer. Zool.* 24, 438-441.
- Watts, D. M. and Zylberstajn, A. (1981). "A survey of some childrens' ideas about force". *Physics Education*. 16, 360-365.
- Yerrick, R. et. al. (1998). "We're Just Spectators": A Case Study of Science Teaching, Epistemology and Classroom Management. *Science Education*. 82, no. 6 , pags. 619-648.
- Zamarrón, Guadalupe. (1994). *La divulgación de la ciencia en México: una aproximación*. Serie de cuadernos de la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICYT) y CONACYT.
- Zedillo, Ernesto (1999). V Informe de Gobierno.