



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
DOCTORADO EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS
DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

**LA EXPERIENCIA INTERACTIVA EN LOS MUSEOS DE CIENCIAS
COMO APOYO EN EL APRENDIZAJE. UN ESTUDIO TEÓRICO Y
EMPÍRICO**

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
DOCTOR EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA**
Línea Comunicación de la Ciencia

PRESENTA

LUZ ANGÉLICA HERNÁNDEZ CARBAJAL

Tutora:

Dra. Ma. del Carmen Sánchez Mora
Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM

Miembros del Comité Tutor:

Dra. Atocha Aliseda Llera
Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM
Dra. Ana Rosa Pérez Ransanz
Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM
Dra. Luisa Fernanda Rico Mansard
Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM
Dr. Alfonso Arroyo Santos
Instituto de Investigaciones Filosóficas, UNAM

México, D. F., enero del 2014



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Gracias papá. Qué lástima que las circunstancias no nos permitieron seguir juntos.

Gracias a ti mamá por todo el apoyo solidario, este trabajo de investigación no hubiera sido posible sin tu presencia y todas tus consideraciones amorosas.

A mis hermanas Eva y Lucy gracias por acompañarme, las amo.

Miguel muchas gracias por compartir toda esta experiencia y estar presente siempre en todos los momentos difíciles y salvarme.

A Isaac y a la hermosa Valentina, gracias por esperar tanto... los amo.

A todos los que me han acompañado, (amigas y amigos del CCH, de la UNAM, de la UAMI, a mis alumnos) muchas gracias por coincidir en este viaje.

A la contingencia.

Agradecimientos

La presente tesis se llevó a cabo gracias a la beca otorgada por CONACyT (No. de Registro 98770) y a la participación de los estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente, UNAM. A UNIVERSUM Museo de las Ciencias de la UNAM.

Agradezco infinitamente a mi asesora, Dra. Ma. del Carmen Sánchez Mora por todo su apoyo, compañía y guía durante la realización de este trabajo de investigación. A los miembros del comité tutor por la revisión del manuscrito y por las aportaciones al mismo. A mis compañeras del posgrado en Filosofía de la Ciencia (línea Comunicación de la Ciencia) Patricia Aguilar, Adriana Elisa Espinosa, Yazmín Hernández, quienes en todo momento me brindaron su ayuda y establecimos un buen grupo de trabajo.

Resumen

En el campo de la museografía la interactividad ha sido una novedad, por lo que el propósito de este estudio fue hacer una revisión sobre el significado de los términos “interactivo” e “interactividad” desde su aparición en el área de las ciencias de la computación (en este campo ha significado un proceso de diálogo entre usuario y máquina, y entre usuario y usuario, a través de un *software*), pasando por la filosofía de la acción, hasta su traslado al campo de la museología. A partir de este trabajo se concluyó que el término “interactividad” aplicado a museos de ciencias no describe el fenómeno que se propicia entre usuarios y exposiciones, y no solo debe entenderse como “algo” que tiene la función de propiciar y facilitar el aprendizaje informal de la ciencia. La “interactividad” supone mirar al museo desde la perspectiva de aquellos usuarios a quienes les gusta participar con los objetos y aprender de estos. De ahí que a partir de un enfoque más amplio e integral del aprendizaje informal de la ciencia, desde la perspectiva del Modelo de la Experiencia Interactiva propuesto por Falk y Dierking en 1992, sumado a la noción de experiencia propuesta por Dewey, se llevó a cabo una investigación de campo para poder evaluar las emociones y el aprendizaje propiciado por la visita a la sala “Evolución, vida y tiempo”, del Museo Universum (UNAM), en estudiantes de nivel bachillerato. Considerando lo importante que es el papel que juegan en el aprendizaje variables tales como la motivación, las creencias y las actitudes propias del contexto personal y de las influencias de los contextos social y físico, se construyó un instrumento que en una primera fase de investigación permitiera —a través de un estudio piloto— establecer variables de estudio tales como emociones, conocimientos previos y habilidades de aplicación de conocimiento y pensamiento crítico, propiciados por un tipo de equipo interactivo a probar. En el estudio piloto se llevó a cabo una entrevista en la que a los estudiantes visitantes les fueron mostradas fotografías con la finalidad de que recordaran los equipos museográficos con los que habían interactuado; asimismo, se les solicitó que seleccionaran el equipo que más les había

impactado y explicaran el porqué de su selección. Además, a través de un mapa mental, describieron el tema central de la exposición. Del estudio piloto, se construyó un instrumento que se aplicó a otros estudiantes que posteriormente visitaron la sala en cuestión. Se pusieron a prueba tres equipos museográficos que, con características diferentes, propiciaban en mayor grado alguno de los contextos (personal, físico y social). Se les preguntó acerca de las emociones, los conocimientos y la aplicación de los mismos, a partir de la interacción con estos tres equipos. Los resultados de la prueba piloto muestran que la memoria visual es un factor clave en el recuerdo de los visitantes, y que los equipos más recordados no son los que propician la interacción manual, sino aquellos que propiciaron la interactividad visual. En lo que respecta a los mapas mentales como evidencia del conocimiento adquirido, se observó que los estudiantes relacionaron el concepto "evolución" con lo observado en la sala y lo que previamente sabían. En cuanto a los resultados de los tres equipos museísticos puestos a prueba, se realizó una ANOVA para poder observar diferencias significativas entre los resultados de cada uno de los equipos analizados. Se observó que los estudiantes expresaron más emociones con el equipo que propiciaba la interacción social (ruleta); a su vez, el equipo computarizado (pantalla digital) les generó curiosidad, y el equipo que no era interactivo (cartel) les provocó indiferencia. En lo que respecta a la visita que los estudiantes hicieron a la sala tanto en forma individual (solitario) o grupal (acompañados), se observaron respuestas que favorecieron la memoria semántica y las emociones en el equipo que, en comparación con los otros, propició la interacción manual, siempre y cuando los estudiantes hubieran participado en el equipo. Se observó además que, si los estudiantes tienen o no conocimientos previos, no existe ninguna diferencia en cuanto a los resultados de memoria semántica entre los tres equipos museísticos analizados.

INDICE

1a. PARTE	pag.
A manera de prólogo	1
Problema a resolver	3
Objetivo general	4
Objetivos particulares	4
Capítulo I.- Los términos “interacción”, “interactividad” e “interactivo”	
<hr/>	
Introducción	5
1. La interacción desde la filosofía de la acción	5
2. La noción de experiencia como interacción	10
3. Diferentes formas de abordar la interacción e interactividad	15
4. Conclusión del capítulo	24
Capítulo II.- Interactividad en la Interacción Humano-Computadora (HCI)	
<hr/>	
Introducción	26
1. La Teoría de la Interactividad	29
2. La interactividad y sus dos aspectos: funcional y perceptual	34
3. La Teoría de la Actividad	36
4. Conclusión del capítulo	42

Capítulo III. La interactividad en los ambientes de aprendizaje informal el caso de los museos de ciencia.

Introducción	44
1. La función de la comunicación de la ciencia	44
2. ¿Qué caracteriza a los museos de ciencia?	47
3. El debate de la “interactividad” en los ambientes de aprendizaje informal.	53
4. La experiencia de los visitantes en el museo de ciencias y el aprendizaje.	58
5. Evaluando la “interactividad” en los ambientes de aprendizaje informal.	61
6. “Interactividad” un término trasladado desde la Interacción Humano-Computadora (HCI) al campo de los museos de ciencia.	75
7. Conclusión del capítulo	78

Capítulo IV. Los equipos interactivos, promotores del aprendizaje informal de la ciencia.

Introducción	82
1. Equipos interactivos de final abierto “open-ended” y final cerrado “close-ended”.	83
2. El significado de “interactividad” en los museos y centros de ciencia.	94
3. Los seis hilos del aprendizaje de la ciencia.	97
4. Resultados de aprendizaje y su evaluación en los MCC	100
5. Conclusión del capítulo	110

2º PARTE

Capítulo V. El modelo de la experiencia interactiva y la memoria de los visitantes.

Introducción	114
1. El modelo de la experiencia interactiva	115
2. La relación entre memoria y experiencia interactiva	118
3. Los sistemas de memoria	122
4. La memoria de los visitantes en los MCC	123
5. Conclusión del capítulo	129

Capítulo VI

Un estudio de caso: La sala “Evolución vida y tiempo”

Justificación	131
Supuestos	132
Fases de la investigación	133
1. La sala “Evolución, vida y tiempo” de UNIVERSUM Museo de las Ciencias (UNAM)	135
2. Desarrollo de la investigación sobre la experiencia interactiva. Prueba piloto	137
Método	139
Resultados de la prueba piloto	142
Los equipos más recordados	142
Descripción de los equipos más recordados	145

Me gustó porque...	148
Relacionando conceptos e ideas	152
Conclusiones del pilotaje	157
3. Análisis de 3 equipos museográficos	159
Variables de estudio	159
Descripción de los equipos museísticos	160
Ruleta “Sólo algunos sobreviven”	160
Pantalla digital “Selección Natural”	162
Cartel “Una receta fácil para lograr la evolución”	165
4. Método	168
El cuestionario	169
¿Cómo se midió el conocimiento?	174
¿Cómo se midieron las emociones?	175
¿Cómo se midieron las habilidades?	176
¿Cómo analizar los resultados?	178
5. Resultados	182
Características de la población	182
1. Memoria semántica (conocimiento)	183
Interacciones entre factores	186
2. Emociones	189
Interacciones entre factores	191

3. Habilidades	193
Aplicación del conocimiento	193
Pensamiento crítico	195
6. Discusión	197
7. Conclusiones	208
Literatura citada	215
Anexos	230

1.^a PARTE

A manera de prólogo

Durante la labor docente que he realizado en los últimos 10 años, ha sido constante mi búsqueda y elaboración de estrategias didácticas para facilitar determinados aprendizajes. Muchas de éstas se encuentran enmarcadas en ámbitos que no son propiamente escolares, y que en mi experiencia me han permitido mejorar la enseñanza de la Biología y sus relaciones con otras disciplinas fuera del aula. Ejemplo de ello lo constituyen actividades que han realizado mis estudiantes al cursar las materias de Biología I a IV, como la lectura de artículos de divulgación científica, la elaboración de revistas para la comunidad del CCH Oriente, la asistencia a foros, simposios, congresos, en los que mis alumnos han presentado los resultados de sus investigaciones científicas escolares; asimismo, han participado en simulaciones sobre problemáticas ambientales, salud, ciencia y tecnología (enfoque CTS). Con el propósito de motivar la formación de actitudes, valores y habilidades, han asistido a museos de ciencias y salidas de campo; dentro del aula, hemos utilizado multimedia, internet y *software* propio de la asignatura. Es común que ellos utilicen una serie de herramientas tecnológicas (reproductores de mp3, mp4, ipods, ipads, celulares con cámaras digitales para descargar videos y grabar resultados de prácticas experimentales) en la generación de sus propias estrategias, con el fin de apropiarse del conocimiento. Los términos interacción, interactivo e interactividad están implícitos en toda esta dinámica con mis estudiantes en la que, a través de varias generaciones, los medios tecnológicos han estado presentes en la comunicación de la ciencia como herramientas para aprender a aprender, aprender a ser y aprender a hacer.

Para muchos de nosotros los profesores del CCH, comunicar la ciencia a los estudiantes en el ámbito de actividades no escolarizadas ha fortalecido nuestra labor docente. Existen diversos medios de los que nos valemos para que los aprendizajes adquieran sentido —es decir, para que sean relevantes para nuestros estudiantes—; de éstos, los museos de ciencias son un excelente lugar para establecer contacto directo con muchos conceptos que en clase enseñamos

y que son tangibles en estos centros, pues son abordados desde otra perspectiva. En la actualidad los museos de ciencias han modificado sus estrategias para llamar la atención de los usuarios, ahora... "¡sí se vale tocar!". Espacios como *Universum* (UNAM) ofrecen nuevas formas de acercarse al público, a través de solicitar la participación y la acción de los visitantes con lo que se exhibe, es decir, mediante equipos mecánicos y otros que se encuentran ligados a computadoras y *software* específicos y a los que se les ha nombrado "equipos interactivos".

De la inmersión de las computadoras a los museos se acuñó y trasladó a la museografía el término "interactividad". Pero, ¿es solo a través del uso de los medios tecnológicos digitales que términos como "interacción", "interactivo" e "interactividad" tienen una justificación?, ¿cómo se propicia la interacción y la interactividad en los museos que se dicen son interactivos?, ¿en qué parte de este proceso hay interacción?, ¿a qué le podemos llamar interactivo y qué características debe cumplir?, ¿se genera el aprendizaje y se obtiene conocimiento a través de las exposiciones interactivas?, ¿existe un modelo teórico para poder explicar el proceso de la interactividad?

Este trabajo de investigación intentará dar respuesta a las preguntas antes planteadas, a partir de un punto de vista interdisciplinario y mediante la filosofía de la acción, la relación humano-computadora, la comunicación de la ciencia y la museología.

Problema a resolver

La palabra “interactividad” es un término ampliamente usado en diversas disciplinas, entre ellas la sociología, las ciencias de la comunicación, la informática, la museografía, la educación, la psicología y la filosofía. Su uso se ha generalizado con el continuo cambio y el crecimiento acelerado y exitoso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), a tal grado que a los diferentes medios de comunicación se les ha señalado como “interactivos”. A su vez, el término “interactividad” ha permanecido en el uso común y, en consecuencia, su significado es intuitivo; diferentes autores hablan de “interactivo” e “interactividad” de forma indistinta, según cada disciplina. La “interactividad” se vincula con el sustantivo “interacción” y con el adjetivo “interactivo”. Pero, ¿cuál es el significado que se atribuye a cada uno de estos términos?; en el diccionario en línea de la Real Academia Española encontramos el significado de “interactividad” como “cualidad de interactivo”, mientras que “interactivo” se traduce como aquello “que procede por interacción”; por último, el significado de “interacción” tiene dos acepciones: la primera, “acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, agentes, fuerzas, funciones, etc.”; y la segunda, propia del campo de la informática: “dicho de un programa que permite una interacción, a modo de diálogo entre ordenador y el usuario u.t.c.s.¹”.

En la museografía se ha utilizado el término “interactividad” para caracterizar a las exposiciones con equipo o aparatos que solicitan la participación activa de los visitantes; a su vez, dicho término ha sido trasladado del campo de la informática a los museos, y ha sido relacionado y justificado con el uso de computadoras y medios digitales en las exposiciones. Por lo anterior, es necesario reflexionar y establecerle un significado que no esté sujeto a la presencia y uso de las tecnologías digitales, sino que adquiera uno a través de las acciones que los visitantes realicen con los dispositivos, estableciendo así un modelo teórico que

¹ u.t.c.s.= “útese también como sustantivo”.

² Echeverría (1997) asume que la tecnología es una realización técnica, es decir, un sistema de acciones humanas intencionalmente orientado a la transformación de objetos concretos para conseguir de forma eficiente un resultado valioso; a su vez, que ésta se reserva para las técnicas industriales vinculadas al conocimiento científico. El medio tecnológico, por su parte, está cargado de intencionalidad por haber sido

explique la participación en la obtención de conocimiento, actitudes, valores y aprendizajes de los visitantes, y su posterior evaluación.

Objetivo general

- Analizar el término “interactividad” en la comunicación de la ciencia, comprender sus acepciones, potencialidades y limitaciones.

Objetivos particulares

- Revisar el uso del concepto de interactividad en diferentes disciplinas y en la comunicación de la ciencia que se da en los museos.
- Establecer el fundamento de la noción “experiencias interactivas” en el marco de los museos de ciencias.
- Identificar y describir tanto el fenómeno de “la experiencia interactiva” que ocurre entre los visitantes de un museo, como su relación con las exposiciones.

CAPÍTULO I

Los términos “interacción”, “interactividad” e “interactivo”

Introducción

El propósito de este primer capítulo es describir los significados de “interacción”, “interactivo” e “interactividad”, para lo cual se iniciará desde la visión de la filosofía de la acción. Posteriormente, con la finalidad de discutir los diferentes usos y significados en función del contexto disciplinario, se revisará el significado de “interactividad” desde tres campos diferentes: el sociológico, el de las ciencias de la comunicación y el de la informática.

1. La interacción desde la Filosofía de la Acción

¿Qué es lo que distingue a una acción humana genuina de algo que sólo ocurre? Un ejemplo: una persona puede toser, estornudar, parpadear, ver, y la pregunta es si todas estas cosas que hace una persona constituyen acciones genuinas. En los animales, por ejemplo, cuando una araña camina sobre una hoja, controla directamente los movimientos de sus patas, y éstas la conducen de un lugar a otro, ¿esto representa una acción genuina?; sin embargo, en los humanos una gran parte de su acción tiene un componente estructural psicológico, es decir, un agente que realiza una actividad la dirige a un objetivo, y éste comúnmente es uno que el agente ha adoptado conscientemente en función de una evaluación práctica, a la vez que prospectiva, de sus opciones y oportunidades.

Hasta aquí podemos diferenciar la acción humana (el esfuerzo para lograr un fin determinado), de las reacciones fisiológicas (casi automáticas de los nervios y células del organismo humano), así la acción humana está regida por el sentido que el agente asigna a su acción y por el fin que trata de alcanzar mediante ésta. La acción humana es deliberada, dirigida hacia fines previamente elegidos y definidos, y no se la puede considerar independientemente de ellos; en este sentido —y sólo en este sentido—, la historia es finalista. En cambio, en las ciencias naturales es posible realizar experimentos de laboratorio que permiten

observar los cambios que se producen al alterar sólo uno de los factores intervinientes, mientras que permanecen invariables todos los demás. De este modo, se puede encontrar lo que esas ciencias denominan “hechos experimentalmente establecidos”. En el ámbito de la acción humana, mientras tanto, para Mises (2001) no se pueden aplicar esas técnicas para estudiarla; para este mismo autor, cada experiencia es histórica es decir, una experiencia de fenómenos complejos, de cambios producidos por la operación conjunta de un sinnúmero de factores; por lo que una experiencia de esta índole no puede tener como resultado “hechos”, en el sentido en que emplean este término las ciencias naturales. Sin embargo, para Rabossi (1997) si es posible investigar la acción humana, este mismo autor considera que el objetivo de tal investigación, desde la filosofía aristotélica, es identificar las condiciones necesarias y suficientes que hacen que nuestro comportamiento pueda ser considerado una acción; para ello Rabosi hace una reconstrucción de la filosofía aristotélica de la acción en donde identifica las siguientes condiciones:

1. Los seres humanos poseen la aptitud o capacidad de actuar; son agentes y causa de su propio comportamiento. Esta acción humana debe distinguirse de sus estados pasivos, es decir, de lo que pasa o acaece, y de los procesos naturales fisiológicos y otros factores fuera de su control, porque la acción humana está en la base de toda atribución de responsabilidad.
2. La acción humana tiene que ser voluntaria (la iniciativa está en el agente), no sólo en el sentido de ser producida por él, sino en el sentido adicional de ser realizada deliberadamente por éste (cuando es involuntaria, se hace por fuerza o por ignorancia).
3. Toda acción está dirigida a un fin. Este último es elegido por el agente y es lo que da sentido a su obra. En suma, se trata de una actividad orientada de manera inteligente. Lo peculiar de los humanos en tanto agentes es su capacidad de deliberar, de razonar con fines prácticos y de actuar en consecuencia.

4. La inteligencia tiene aplicaciones teóricas y prácticas. La inteligencia teórica es una actividad que no lleva por sí misma a la acción, sino que sólo cuando la inteligencia elige un fin y se propone alcanzarlo, cuando es inteligencia práctica, se desencadena el proceso que conduce a la acción.
5. Cuando el agente sabe qué es lo mejor que le corresponde hacer, pero hace otra cosa y aún así es responsable por la acción que lleva a cabo, entran en conflicto dos principios de la acción: el deseo y la acción racionalmente orientada.
6. Las acciones son cambios en el mundo producidos por agentes racionales.
7. Los elementos de la acción son:
 - a. **El agente** (tiene creencias, motivos, propósitos, deliberación y elección de la excelencia moral y sabiduría práctica que exhibe)
 - b. **El tipo de acción que se lleva a cabo**
 - c. **Las personas o cosas que afectan la manera en que la acción se realiza**
 - d. **Los medios a los que se apela**
 - e. **Las circunstancias en las que la acción se produce**
 - f. **El resultado que se obtiene**

¿Cómo investigar la acción humana? La Teoría de la acción es un esquema conceptual para el análisis de la conducta de los organismos vivos. El marco de referencia de la Teoría de la acción comprende a los actores, una situación y las orientaciones del actor a esa situación. La teoría concibe que:

1. La conducta se orienta a la obtención de fines o metas, u otros estados anticipados
2. Tiene lugar en situaciones
3. Está normativamente regulada

4. Supone gasto de energía o esfuerzo, o bien “motivación” (la cual puede estar más o menos organizada, independientemente de su compromiso con la acción).

Por ejemplo, la conducta a analizar puede ser, en el caso de un estudiante que se dirige a visitar *Universum*: 1) el museo es el fin hacia el que nuestro actor, en este caso el estudiante, orienta su conducta; 2) una situación comprende el entorno de la acción, el camino, los medios de transporte y el lugar donde se halla; 3) la conducta dirigida es un medio inteligente para llegar al museo, el estudiante gasta energía la cual está normativamente regulada por la manera en la que use su inteligencia para llegar al museo; 4) consume energía para llegar a su destino final, camina, atraviesa calles, sube al transporte público, hace la parada, presta atención y adapta su acción a los cambios del camino y a las condiciones del trayecto.

Cuando la conducta puede ser, y es analizada así, se le llama “acción”. Esto puede estar evidenciando que cualquier conducta de un organismo viviente que puede ser llamada “acción” debe ser analizada de acuerdo con los estados anticipados hacia los cuales se dirige, la situación en que ocurre, la regulación normativa de la conducta (por ejemplo, la inteligencia) y el gasto implicado de energía o “motivación”. Pueden hallarse implicados uno o más actores en una situación de acción en la cual el actor o los actores se regulan normativamente por un grupo de conocimientos, planes y normas que relacionan al actor o los actores con la situación (Talcott y Shils, 1968).

Desde la Teoría de la acción, el término “interacción” implica una relación entre partes que son actores en sentido técnico. La interacción, entonces, se puede entender como **la relación existente entre las acciones humanas y el medio donde se producen**. Además, habrá que considerar según Giner (1997), que la acción está en función de las intenciones incondicionadas, la influencia del contexto en el que los individuos actúan y su lógica particular. Éste mismo autor considera no sólo los aspectos subjetivos que atañen al agente, sino también la situación objetiva en el que éste se encuentra.

De esta manera, el medio en que se actúa se convierte en un elemento importante en la concepción de la acción. Por lo que **los individuos actúan siempre de acuerdo con la lógica de la situación**; entendiendo a esta última como un determinado orden de elementos (mundo físico, entorno social, instituciones sociales), que constituyen el medio en el cual el agente está inserto, y que condiciona su acción, es decir, un individuo ha de adecuar sus acciones al medio en el que actúa (Gómez, 1992).

Echeverría (1997), a su vez, parte de la lógica de la situación (ya que las teorías de la acción han prestado poca atención al ámbito donde tienen lugar las acciones), para proponer una explicación sobre las acciones que se dan en un medio tecnológico²; para Echeverría, las interacciones humanas son distintas si se atañe a un medio natural (físico-biológico) o a un medio estrictamente artificial. Aunque las creencias, las intenciones y los propósitos pueden ser similares en uno u otro medio, las acciones cambian profundamente en un medio tecnológico.

De tal manera, este mismo autor considera que una interacción o una relación interactiva son sinónimas, por lo que establece su significado de la manera siguiente:

Una relación entre A y B es interactiva, si y sólo si, aquello que puede hacer A a B se lo puede hacer B a A, y recíprocamente, independientemente de los contenidos de las acciones mutuas, que pueden ser muy distintos.

Echeverría ejemplifica este tipo de relaciones entre dos personas: conversar, bailar, jugar al ajedrez; en los tres casos, lo que uno haga depende siempre de lo que haga el otro, ya sea mediante el habla, el gesto, el movimiento o la jugada. Cada acción de uno determina las posibles acciones del otro, delimitando

² Echeverría (1997) asume que la tecnología es una realización técnica, es decir, un sistema de acciones humanas intencionalmente orientado a la transformación de objetos concretos para conseguir de forma eficiente un resultado valioso; a su vez, que ésta se reserva para las técnicas industriales vinculadas al conocimiento científico. El medio tecnológico, por su parte, está cargado de intencionalidad por haber sido construido específicamente para determinados propósitos, a diferencia del medio físico, que no se le supone intencionalidad previa. Los medios tecnológicos son aquéllos en donde se da la interrelación humana; para este autor están representados por las tecnologías de telecomunicaciones (teléfono, televisión y telemática).

estrictamente el margen de elección del interlocutor. Esto es lo propio de una interacción, entendida como un proceso que se desarrolla en el tiempo a través de una secuencia de acciones recíprocas.

El planteamiento de Echeverría supone que la interacción humana en un medio tecnológico se da de manera diferente a como se da en otros medios. En un medio tecnológico no es fácil que una interacción humana pueda producirse enteramente al mismo tiempo y en las mismas condiciones del medio. Por ejemplo, cuando leemos un libro o contemplamos un cuadro, el medio en el que actúan los actores es completamente diferente al de los lectores o los espectadores. Es por lo anterior que no cabe hablar de la interacción en un mismo medio.

Un medio tecnológico es producto de acciones previas o “preacciones”, que dependen de previsiones, predicciones y prefiguraciones sobre qué acciones serán favorecidas y cuáles dificultadas. Un medio nunca es neutro respecto a las acciones posibles, como tampoco lo es respecto a las plausibles. Las acciones tecnológicas que construyen un medio interactivo conllevan condiciones previas (intención con la que se construye el medio) para la actuación racional.

Echeverría también distingue los medios tecnológicos como el Internet de aquéllos que son puramente técnicos, como la radio o la televisión, los cuales posibilitan interrelaciones humanas, pero raramente interacciones. Para este autor suele ser preciso recurrir a otro medio (el teléfono, la correspondencia) para llegar a una relación auténticamente interactiva.

2. La noción de experiencia como interacción

La “interacción” no sólo es la relación entre las acciones humanas y el medio donde se producen, y es que Pérez-Ransanz (2008) propone que la filosofía constituye un espacio adecuado para la reflexión acerca del término “interacción”,

puesto que para esta autora “la experiencia es primariamente interacción con el entorno y por tanto abarca todo hacer y todo sentir”³.

A manera de contexto, la noción de “experiencia” nació en la filosofía de John Dewey y se desarrolló a partir del producto del pensamiento pragmático. En la época en que vivió Dewey (1860-1950), el pragmatismo filosófico era para unos criticado; para otros, peyorativo, de allí que la filosofía de este autor recibió apelativos como naturalismo, imanentismo, instrumentalismo y hasta humanismo liberal. Todas estas denominaciones se inscriben dentro de la filosofía de la acción, cuyo desarrollo tuvo influencia de las corrientes materialistas (Vázquez, 2004).

Pérez Ranzans ubica la noción de experiencia como piedra de toque de la filosofía de John Dewey, entendiendo la experiencia de tal forma que permite conectar lo cognitivo y lo afectivo de manera natural. Esta misma autora formula de manera sintética las aportaciones de Dewey frente a las concepciones tradicionales sobre la noción de experiencia. La aportación de este último a la noción de experiencia, lejos de reducirla a lo meramente sensorial (*sense data*), abarca toda la gama de lo afectivo (sentimientos, emociones, pasiones, estados de ánimo) y toda la variedad de acciones e interacciones con el entorno, noción de experiencia que sin duda garantiza un anclaje en la realidad (Pérez-Ransanz, 2008) (tabla1).

Tabla 1.
Comparación entre la concepción tradicional de experiencia y la propuesta de John Dewey.

Concepción Tradicional de Experiencia	Aportaciones de John Dewey a la concepción de Experiencia
Es decir, sólo tiene que ver con el conocimiento, con nuestra forma de representar el mundo	Se concibe como una relación activa entre el ser humano y su entorno físico y social

³ ... toda forma de acción y de sentimiento caen bajo la categoría de experiencia. Las experiencias del hacer, del sufrir y del gozar (prerreflexivas) establecen el contexto que hace posible la investigación y el conocimiento. Y dado que el ser humano es primariamente un ser que actúa, sufre y disfruta, si se busca entender la naturaleza del pensamiento, la reflexión y la investigación científica, así como su papel en la vida humana, debemos reconocer que estos procesos cognitivos emergen en el contexto de una experiencia prerreflexiva y una interacción inmediata con el entorno que los posibilita, a la vez que los condiciona (Pérez-Ranzans, 2008).

Es subjetiva	Es el principal vínculo entre el sujeto y el mundo objetivo, un mundo del cual forman parte sus mismas acciones y sentimientos, y que, por tanto, resulta constantemente transformado por la intervención de los seres humanos
Está anclada en el pasado en lo “dado” previamente a los sentidos	Se reconoce su función como plataforma desde la cual proyectamos nuestras acciones hacia el futuro, función sin la cual resultarían incomprensibles nuestros afanes por transformar el mundo en que nos tocó vivir
Se concibe de manera atomista y discreta (como una serie de vivencias o sensaciones ontológicamente independientes entre sí)	Es el <i>locus</i> donde se integran, adquiriendo unidad y sentido, las diversas esferas de la actividad humana
Se contrapone al pensamiento	Mantiene una relación de mutua dependencia y retroalimentación con la razón

Fuente: elaboración propia

Pérez Ransanz (2008) señala que para John Dewey el proceso de conocer requiere de una activa intervención y manipulación de los hechos para construir y poner a prueba nuestras teorías o representaciones del mundo. El conocimiento, lejos de surgir de la contemplación, proviene de la experiencia, entendida como interacción con el entorno físico y social, que conlleva de manera constitutiva los elementos de la esfera afectiva.

Al igual que Pérez-Ransanz, Marcos (2008) señala que la experiencia en la filosofía de Dewey es acción, en concreto, interacción del ser humano con el medio, entre lo subjetivo y lo objetivo. Cabe entender por *objetivo* un mundo dinámico, del cual forman parte las propias acciones humanas, en donde se integran todas las vivencias, el reservorio de la sabiduría práctica, forjada en la interacción pasada y proyectada hacia la interacción futura. El mismo autor propone que, así entendida, la experiencia genera una serie de expectativas que orientan nuevas y sucesivas interacciones con el mundo, que a su vez modifican el conjunto de nuestra experiencia, reafirman nuestras expectativas, o bien nos obligan a revisarlas. A veces las interacciones chocan frontalmente con nuestras expectativas, generándose con ello lo que este autor denomina *experiencia de lo imposible*, o para ser más exactos, experiencia de lo que considerábamos imposible. De tal manera que, tras el “choque” con nuestras expectativas,

conseguimos reestructurar nuestra experiencia de un modo drástico; de esta manera habremos completado lo que Kuhn llamaba “experiencia de conversión”⁴ (Marcos, 2008).

Sobre esta experiencia de conversión, Pérez Ransanz (2008) considera que las emociones (como los paradigmas) conllevan un contenido cognitivo (o informativo) que condiciona la perspectiva epistémica global. Y si bien en esto se distinguen de las creencias (las cuales conllevan contenidos específicos y formulables en proposiciones), no por ello las emociones dejan de ser portadoras de una información muy básica, en ocasiones vital. Esta aportación de contenido cognitivo permitiría entender el papel que tienen las emociones en los procesos de conversión, lo cual a su vez nos permite rescatar el carácter racional de las transformaciones revolucionarias de nuestra forma de ver el mundo. Las emociones inciden directamente en los procesos cognitivos al aportar un nuevo patrón de relevancia o de contenido informativo, alrededor del cual se reestructura el campo de la percepción y, por ende, la construcción de representaciones.

Marcos (2008) se pregunta si el concepto de información podría arrojar alguna luz sobre lo que Kuhn llamó “experiencia de conversión” o sobre “la experiencia de lo imposible”, como este autor la nombra. Para ello, parte de un concepto de información como una interacción, más que como mero contenido pasivo, y caracteriza a la información como una relación triádica, entre:

- i. Un mensaje (m) que puede ser cualquier evento, lingüístico o de otro tipo
- ii. Un sistema de referencia (S), acerca del cual el mensaje informa al receptor
- iii. Un receptor (R)

⁴ En el análisis de las revoluciones científicas elaborado por Thomas Kuhn en 1962, entre algunas de las perplejidades que dejó sembradas, planteó la tesis que describe el cambio revolucionario en la ciencia como una *experiencia de conversión*. La cita imprescindible al respecto es la siguiente: “La experiencia de conversión, que he comparado con un cambio de Gestalt, permanece por tanto en el núcleo mismo del proceso revolucionario. Las buenas razones para elegir [entre teorías rivales] ofrecen motivos para la conversión y [propician] el clima más favorable para que ésta ocurra [...] Pero ni las buenas razones ni la traducción constituyen una conversión, y es este proceso el que debemos elucidar para comprender un tipo esencial de cambio científico (Pérez-Ransanz, 2008).

Este mismo autor caracteriza a la interacción por ser “un mensaje que siempre ofrece información acerca de un sistema de referencia, es decir, acerca de todos los estados posibles del mismo y no sólo sobre uno de ellos”. La información entendida así es funcional, transitiva, pragmática, y “... va más allá del mensaje, pues el mensaje siempre se refiere a algo o no será mensaje, siempre informa a un receptor o no habrá información en absoluto, debe aportar distinta cantidad de información al mismo receptor sobre distintos sistemas de referencia. Así la información se ubica en la interacción entre el mensaje, el receptor y el sistema de referencia” (Marcos, 2008).

Por ello, la relación trídica es informativa si produce un cambio en el conocimiento que el receptor tiene sobre el sistema de referencia. Con estos argumentos este autor propone medir la cantidad de información en función de la magnitud del cambio en el conocimiento, es decir, la magnitud del cambio cognoscitivo que un mensaje produce en un receptor respecto de cierto sistema de referencia.

Recapitulando: desde la filosofía de la acción, la acción humana se caracteriza por presentar ciertas condiciones necesarias y es posible analizarla desde la Teoría de la acción, la cual puede explicar por qué un actor elige una alternativa sobre otra. La interacción se puede entender como una relación entre las acciones humanas y el medio donde se producen y ésta es diferente si se establece en un medio tecnológico o natural. Pero la interacción además permite conectar lo cognitivo con lo afectivo de manera natural a través de la experiencia; por tanto, el resultado de las acciones humanas es un mundo constantemente transformado por la intervención de los actores humanos, mismos que a través de la interacción con otros actores en un medio determinado reestructuran su experiencia, modificando constantemente el contenido cognitivo que condiciona su forma de ver el mundo, es decir reestructuran el campo de percepción y la construcción de sus representaciones; a su vez, lo que está implícito en esta reestructuración es la información (funcional, transitiva, pragmática) que fluye en una interacción entre el mensaje, el receptor y el sistema de referencia (relación trídica).

3. Diferentes formas de abordar la interacción e interactividad

Hemos visto ya la naturaleza, descripción y explicación de la acción humana en el contexto de la Teoría de la acción, ¿cómo explicamos la interacción en el marco de esta teoría? Considerando que el punto de referencia de esta última es la acción que ejecuta un actor (individual) o una colectividad de actores⁵ en una situación dada; la acción tiene una orientación cuando es guiada por el significado que el actor o los actores confieren en relación con sus metas e intereses. Cada orientación de la acción implica a su vez un conjunto de objetos que son importantes en la situación, porque proporcionan posibilidades alternativas e imponen limitaciones en el logro de las metas de los actores. Estos objetos se pueden agrupar en dos clases: objetos sociales (actores individuales o colectividades) y no sociales (físicos o recursos culturales acumulados); así, una combinación que relacione tales clases de objetos con la selección, la elección y las posibles alternativas (del actor individual o de una colectividad de actores), constituye la orientación de la acción; y la pluralidad de orientaciones de acción compone un sistema de acción. Cuando la orientación de la acción es individual, se le llama “personalidad”, la cual se define como el sistema organizado de orientación y motivación de la acción de un actor individual. De otra manera, una acción de una pluralidad de actores, en una situación común, es un proceso de interacción. Ésta, como tal, forma un sistema social diferenciado e integrado por relaciones entre individuos; a su vez, la personalidad y el sistema social están íntimamente relacionados y presentan aspectos psicológicos, sociales y culturales.

El término “interacción” no sólo está presente en la filosofía de la acción y en el contexto de la Teoría de la acción, según hemos visto hasta ahora; también tiene diversos significados o connotaciones de acuerdo con el uso en diferentes discursos y depende de la extensión o el contexto para que su significado sea claro; por estas características, el término “interacción” puede decirse que es multidiscursivo (Jensen, 1988).

⁵ Tanto el actor individual o la colectividad de actores, constituyen la unidad de la acción.

Además en la Teoría de la acción, éste término tiene significados diferentes al menos en tres disciplinas:

A) Sociológico, en el que la interacción se refiere a las relaciones de reciprocidad entre dos o más personas; en una situación dada, adaptan mutuamente sus acciones y conductas unos con otros.

B) Ciencias de la comunicación, el término interacción es usado para referirse a las acciones de una audiencia o a los receptores en relación con el contenido de los medios, por ejemplo la relación entre el texto y lector, o a las acciones humanas recíprocas y la comunicación asociada con el uso de los medios de comunicación.

C) Informática, aquí el término se usa para referirse al proceso que tiene lugar entre los humanos que usan u operan una computadora (interacción humano-computadora) (Jensen, 1998).

El uso del término “interacción” no siempre puede ser asignado a una disciplina específica (tabla 2), los límites entre un enfoque y otro pueden sostenerse en el plano conceptual, pero no son tan fáciles de mantener en la práctica, por ejemplo, ¿cómo establecer si los individuos están interaccionando con los contenidos o con la computadora? ¿En dónde está el límite?

Tabla 2.
El significado del término interacción en tres disciplinas.

Sociológico	Ciencias de la comunicación	Informática
Las relaciones que se producen entre individuos. Los participantes de la interacción están en un mismo contexto social. Es posible tener comunicación sin interacción, pero no interacción sin comunicación	Entender el término “interacción” desde una amplia concepción que incluye los procesos que se dan en los receptores, por un lado, y los mensajes de los medios por otro; en otras palabras, las acciones de una audiencia o receptores en relación con los contenidos	La relación de los individuos con la máquina. <i>Human-Computer Interaction</i> (HCI) En este modelo es posible tener interacción sin comunicación, pero no comunicación sin interacción

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que el término “interacción”, la palabra “interactividad” también es un término multidiscursivo que se ha puesto de moda, y ha sido trasladado a otros ámbitos, más allá de las tecnologías de la información. Por ejemplo, se habla de

arte interactivo, sociología de la interactividad, museografía interactiva. Es un descriptivo que “sirve para todo”; además, la “interactividad” se ha convertido en el negocio por antonomasia de los medios de comunicación, con presupuestos de miles de millones de dólares —especialmente en la televisión—. Las industrias que participan en la distribución de contenidos vía satélite, por cable, por teléfono e incluso algunas compañías de energía eléctrica están impacientes por proporcionar servicios completamente “interactivos”, en forma de programación a solicitud del usuario, comercio desde casa y servicios financieros (Kerckhove, 1999).

Para Jensen (1998) el término “interactividad” se ha usado intuitivamente y no tiene un significado definido; a su vez, en los medios tecnológicos digitales como internet, señala que la interactividad es una nueva forma de interacción con el medio, porque esta comunicación es unilateral, no dialéctica, y está controlada por el actor, a la vez que puede caracterizarse por la pérdida de reciprocidad eficaz entre el usuario y el medio, en este caso la computadora. Por lo que establece una distinción conceptual entre los términos “interacción” e “interactividad”, proponiendo que el significado de “interactividad” ha de referirse al uso de los medios y a la comunicación mediada; mientras que en su sentido social, el significado de “interacción” se refiere a las acciones observadas de dos o más individuos mutuamente interdependientes, sin que exista una comunicación mediada. Este autor define la “interactividad” como ***una medida de la habilidad potencial de comunicación de los medios, de permitir al usuario ejercer una influencia en el contenido y/o la forma de la comunicación mediada.***

En el mismo contexto de la comunicación mediada por la computadora, Bedoya (1997) establece que la interactividad presenta los rasgos siguientes:

- El control de navegación por los usuarios no es lineal, ya que exploran a voluntad el contenido multimedia, por ello ésta es interactiva y se da de forma asincrónica.

- Hay al menos cuatro entidades importantes en la interactividad: el emisor (el productor de cierto mensaje), el medio (a través de este se envía el mensaje para que llegue al receptor), el mensaje y el receptor.
- El receptor decide o escoge qué parte del mensaje le interesa más, es decir lo controla.
- No existe reciprocidad en la comunicación entre emisor y receptor.
- El emisor establece anticipadamente el nivel de interactividad que le dará a su mensaje, y el receptor decidirá y/o escogerá qué parte de éste le interesa más; por ejemplo en un website, el webmaster decide qué ligas mostrar, por lo que el visitante solamente tendrá esas opciones.
- El emisor no puede hacer su mensaje interactivo más allá de los límites del medio de comunicación que utilice.

Para Bedoya, la interactividad es **“la capacidad del receptor para controlar un mensaje no lineal hasta el grado establecido por el emisor, dentro de los límites del medio de comunicación asincrónico”**.

Por su cuenta, Svanaes (2000) propone que la relación que guardan los términos “interacción” e “interactividad” es análoga a la relación entre radioactividad y radioactivo. En donde la “radioactividad” es un fenómeno (natural), una manifestación de una actividad que se produce en la naturaleza, y “radioactivo” es una propiedad que posee algún elemento químico. Svanaes propone que la interactividad es un fenómeno de tipo social en donde se da la interacción entre humano y computadora.

Desde el periodismo digital, Rost (2006) propone considerar a la “interactividad” en una concepción más amplia, una que involucre tanto la interactividad con los contenidos o con la máquina (a este tipo de interactividad le nombra “interactividad selectiva”), como la interactividad con otros individuos (interactividad comunicativa). Este mismo autor asume un enfoque a la vez informático y comunicacional para

definir la interactividad selectiva, así como un enfoque sociológico para la interactividad comunicativa, aunque no establece, como tal, si la interactividad es un fenómeno social; por tanto, se puede considerar a la interactividad comunicativa en la que los individuos interaccionan entre sí como un fenómeno social. Por su parte, Rost propone la suma de la interactividad selectiva y comunicativa como una tercera opción respecto a cómo concebir el concepto “interactividad”; esta tercera opción o doble modalidad de la interactividad se da con la interactividad selectiva, en la que un individuo pregunta o elige una opción, y el sistema responde automáticamente; además de la interactividad comunicativa, en la que hay un individuo emisor y otro receptor que pueden intercambiar roles (Rost, 2006) (tabla 3).

Tabla 3.
La suma de la interactividad selectiva más la comunicativa

Interactividad selectiva	Interactividad comunicativa	Interactividad selectiva + interactividad comunicativa
Interacción con los contenidos o con la máquina	Interacción entre individuos	Interacción con los contenidos y entre los individuos

Fuente: (Rost, 2006)

Para Rost, el adjetivo “interactivo” ha servido de puente para crear una palabra paralela a “interacción”: “interactividad”. Sugiere además que se ha dado un cambio desde el antiguo concepto de “interacción” hacia el más nuevo de “interactividad”, pasando por el adjetivo “interactivo” que hoy modifica a ambos. Este mismo autor describe los usos y los cambios que ha sufrido el concepto “interactividad” en las diferentes décadas; por ejemplo, en los años 70 los primeros medios de información, entretenimiento y servicios de “televisión interactiva” fueron el teletexto y el videotexto, aunque se ha cuestionado el flujo tradicional y unidireccional de estos medios. La primera experiencia de televisión interactiva fue el sistema Qube, creado por Warner Amex Cable Communications, éste permitía a los televidentes votar sobre diversas cuestiones durante los *talk shows*. No obstante, tuvieron serias dificultades para ganar público, porque ambos servicios contaban con un aparato caro que se encargaba de decodificar las señales. Por

ejemplo, el decodificador para el sistema de Time Warner valía siete mil dólares en esa época.

En esta misma década, la interactividad fue relacionada no sólo con los medios de comunicación pública, sino también con los de comunicación interpersonal, como los sistemas de audio y videoconferencia, satélites, cables de fibra óptica y las microcomputadoras. En la década de 1980 surgieron las primeras definiciones del concepto e incluso las primeras investigaciones que intentaron abordarlo y medirlo en sus distintos grados. El afianzamiento del uso del concepto fue en paralelo con la consolidación de nuevos medios que tenían un mayor potencial interactivo, tanto en lo que hace a las opciones de selección como a las posibilidades de expresión y comunicación que revelan un flujo bidireccional en los mensajes.

Esa misma década se afianzó la producción de los videojuegos, aunque la historia de lo que en general se considera el primer videojuego auténtico (Spacewar) data de 1962; posteriormente, en 1971 llegó el primer videojuego comercial (Computer Space), en 1972 el primer juego de uso doméstico, The Magnavow Odyssey, y ese mismo año el primer juego de éxito, PONG. En 1984 Rick Dyer creó un sistema de juegos en *laserdisc* para uso doméstico (el RDI Halycon), que también utilizaba un video de movimiento completo. A finales de los setenta y principios de los ochenta se produjo un crecimiento del mercado de computadoras personales, estimulado por los aficionados a la electrónica y los jugadores de videojuegos. Así, a partir de 1984 la industria de los videojuegos empezó a remontar con una nueva generación de avances tecnológicos; un año después se dio el lanzamiento del Nintendo Entertainment System (NES). Por otra parte, en el mundo académico estaba creciendo el interés por los llamados interactivos multimedia, por ejemplo, la nueva tecnología en CD-ROM; soporte que hizo aumentar el interés por los videojuegos con su introducción en 1992. Su gran capacidad de almacenaje permitía hacer un uso más detallado de los gráficos e incluso de los fragmentos de video de movimiento completo para juegos de uso doméstico, con lo cual creció el poder de representación de este medio. Posteriormente, dos apariciones más convirtieron a 1993 en un año importante para los videojuegos: la creación de la

primera escuela de programación de videojuegos y la aparición de la World Wide Web, convirtiéndose rápidamente en una de las mejores herramientas de búsqueda y de obtención de juegos en línea (Wolf y Perron, 2005).

En la década de los 90 el término “interactividad” tomó un nuevo impulso con el crecimiento de los distintos servicios que ofrece internet y particularmente con la creación de la World Wide Web. Se realizaron investigaciones más particularizadas sobre las distintas opciones interactivas que iban ofreciendo los nuevos medios en internet, y se avanzó con distintas perspectivas en la definición del término “interactividad”. Ejemplo de ello es Jensen, quien en 1998 estudió el concepto y propuso una tipología de la interactividad basándose en los tipos de medios de comunicación existentes:

- Transmisión, este tipo de interacción es de una sola vía (unidireccional), por ejemplo teletexto, multidifusión, sistemas multicanales.
- Consulta, el usuario controla la información producida por el medio por ejemplo la web, CD-ROOM, enciclopedias en línea.
- Conversación, se da la comunicación en dos vías (interpersonal), por ejemplo sistemas de videoconferencia, correo electrónico, chat.
- Registro, la información la produce el consumidor y éste controla el medio de comunicación, por ejemplo el acceso a los sitios web a través de las interfaces inteligentes.

Aunque han sido muchos los autores que han puesto de relieve la disparidad de acepciones que presenta el término “interactividad” y las dificultades que genera su definición, Rost (2006) considera que:

1) Dicho término se ha definido de diferentes formas, entre éstas:

- Una situación de comunicación
- Una capacidad de los nuevos sistemas de comunicación
- La capacidad del *hardware*, los programas y las condiciones de acceso

- Una expresión del grado de interrelación que tienen los mensajes en una serie dada
- El grado de control y de posibilidades de intercambiar los roles entre los comunicantes en una interacción entre humano y computadora
- Grado de respuesta que existe entre el comunicador y la audiencia respecto de sus respectivas necesidades comunicativas
- Medida de la capacidad del medio para dejar al usuario ejercer una influencia sobre el contenido y/o en la forma de comunicación mediatizada

2) La interactividad se ha caracterizado por:

- El medio
- El proceso comunicativo
- Los usuarios

3) Se ha abordado como una relación:

- De los individuos tanto con la computadora como con los contenidos multimedia
- Sólo entre individuos
- De los individuos con la computadora, los contenidos multimedia y con otros individuos

4) Las coincidencias entre las diferentes formas de abordar a la “interactividad” en los medios de comunicación digital son:

- Se asocia a la interactividad con un flujo bidireccional en los mensajes (diálogo, reciprocidad) y con el uso de las nuevas tecnologías de la comunicación.
- Los medios interactivos permiten un potencial intercambio de roles entre autores y receptores.
- Los medios interactivos combinan características de los medios masivos de comunicación con los canales de comunicación interpersonal.

- Los intercambios comunicativos pueden ser en tiempo real y asincrónicos, pero a mayor velocidad de respuesta, mayor percepción de interactividad.
- En todas las definiciones, la interactividad aparece como una característica positiva, ya sea de los medios o de los procesos comunicativos, e incluso como una situación ideal en la que es contrapuesto con el flujo predominante unidireccional que imponen los medios de comunicación tradicionales.

Por último, ante los distintos abordajes que presenta este término, Rost (2006) propuso un concepto propio de interactividad:

La interactividad es la capacidad gradual y variable que tiene un medio de comunicación para darle a los usuarios/lectores un mayor poder tanto en la selección de contenidos (interactividad selectiva) como en las posibilidades de expresión y comunicación (interactividad comunicativa).

Esta definición implica:

1. Distintos grados de interactividad tanto selectiva⁶ como comunicativa⁷.
2. Los medios no son sólo un dispositivo tecnológico, sino que tienen un propósito establecido.
3. La selección de los contenidos implica la capacidad del medio para responder a los requerimientos del usuario.
4. Las posibilidades de expresión aluden a los espacios que abre el medio con otros individuos.

Es importante mencionar que la intención de Rost (2006) fue darle significado al término “interactividad” en el contexto del periodismo digital, ya que para este autor es un término clave para estudiar la relación entre los lectores y el medio

⁶ La interactividad selectiva alude a las posibilidades de control que tiene el usuario sobre el mismo proceso de difusión de los contenidos. Es decir, en qué medida puede el usuario elegir el ritmo y la secuencia de la comunicación.

⁷ Las interactividad comunicativa alude a las posibilidades de comunicación y expresión que tiene el usuario respecto de los contenidos públicos del medio (Rost, 2006).

tecnológico. Él plantea que la gran diferencia que presenta el periódico digital respecto a los que lo han precedido en la historia del periodismo, radica en la interacción que se da entre el medio y sus audiencias; mientras que los medios tradicionales se caracterizan por el flujo de información predominantemente unidireccional, es decir, las audiencias están abocadas más que nada a la recepción de contenidos; el periódico digital —tecnológicamente hablando— permite el flujo bidireccional y multidireccional constante de información, estableciendo una forma de comunicación a la que Rost denominó “dialógica”. En este tipo de comunicación el lector/ciudadano tiene una intervención en los discursos públicos, tanto para seleccionar los contenidos como para producirlos. Así también, el periódico se convierte en un nodo de redes sociales, genera múltiples relaciones entre otros lectores y ofrece espacios de expresión ciudadana.

4. Conclusión del capítulo

Hasta este momento se han revisado los significados y usos de los términos “interacción” e “interactividad” en diferentes disciplinas, cuyos significados y usos han cambiado a través del tiempo. Desde la filosofía de la acción, se entiende por “interacción” una acción humana voluntaria, intencional, con un fin elegido por el agente en cuestión, en donde las emociones inciden directamente en los procesos cognitivos al aportar un nuevo patrón de relevancia o de contenido informativo, alrededor del cual se reestructura el campo de la percepción y, por ende, la construcción de nuevas representaciones. Así, la interacción es constitutiva de la experiencia y permite el conocimiento a través de una intervención activa y manipulación de los hechos en una relación recíproca.

En cambio, el término “interactividad” se ha entendido como una característica que tienen los medios digitales, y/o la forma en que se dan relaciones entre individuos (receptores), cuyos procesos de transmisión de mensajes se llevan a cabo a través de la comunicación mediada, y donde el usuario (receptor) tiene influencia sobre el contenido y la forma de la comunicación. Los elementos de la

interactividad son: los agentes, los **medios**, las circunstancias en las que se produce y el resultado que se obtiene, todos estos elementos influenciados por el contexto social; a su vez, los medios tecnológicos (artificiales) se construyen con una intención.

Por tanto, podemos concluir diciendo que el término “interactividad” adquiere significado desde los contextos en los que se aborda, como en el caso del periodismo digital, y que además está implícito en el uso de medios digitales como la computadora. Conviene preguntarse en este momento si el significado de “interactividad” necesita replantearse y ampliarse según el contexto en el que se aborde, por ejemplo, ¿cuál sería su significado en la comunicación de la ciencia?, ¿qué disciplina nos permite ampliarlo?

Si se mira a través de la filosofía de la acción, en el significado de “interactividad” se hace alusión a la lógica de la situación, es decir, al medio en el que se dan las interacciones. La “interactividad” es una característica que presentan los medios digitales para la obtención de información, y no se apela nunca a la noción de experiencia ni a la acción humana en su amplio sentido filosófico.

Dado que existe una estrecha relación entre los medios digitales y el término “interactividad”, en el siguiente capítulo abordaremos cómo se ha caracterizado a la “interactividad” en la Interacción Humano-Computadora (HCI) y en el diseño de la interacción, además revisaremos la generación de teorías para analizar a la “interactividad” con la finalidad de reflexionar acerca de cómo este término se ha trasladado a la comunicación de la ciencia, en especial a los museos de ciencias y en particular al dominio de los dispositivos que “solicitan la participación de los visitantes en las exposiciones museísticas”, en donde se ha aplicado el término, pero desde el contexto de la informática.

CAPÍTULO II

Interactividad en la Interacción Humano-Computadora (HCI)

Introducción

Como bien lo señaló Kerckhove (1999), hace 20 años “la palabra interactividad era la curiosidad de todo lexicógrafo. Ahora está en boca de todo el mundo”. Este autor define la interactividad como la relación que se da entre la persona y el entorno digital definido por el *hardware* que une a ambos. En el propósito de facilitar esta relación, se han desarrollado y progresado las interfaces de acceso directo mente humana-computadora. En este contexto, la interactividad es el tacto, la realidad virtual, los multimedia, las redes; mientras que a los sistemas a los que se les ha llamado “interactivos”, serían análogamente proyecciones multisensoriales:

En cada interacción con las nuevas tecnologías, la electricidad entra y sale del cuerpo humano con impulsos y corrientes que afectan a las células nerviosas y a los relés⁸, las sinapsis y los semiconductores eléctricos. Los sistemas interactivos, al crear una nueva continuidad entre el cuerpo y la computadora, claramente ayudan a reforzar la red de conexiones que expanden nuestros sistemas nerviosos centrales más allá de nuestros cuerpos hacia el mundo exterior” (Kerckhove, 1999).

Este mismo proceso de interacción detallado por Kerckhove, ¿no es que se da también cuando andamos en bicicleta y los pedales son también proyecciones multisensoriales?, ¿o es que esta interacción biotecnológica (como así le ha llamado este autor) ha logrado florecer sólo con el uso de las computadoras?

Comprender las posibilidades de toda la tecnología digital (desde los cajeros automáticos, pasando por la televisión, los microondas, las redes inalámbricas, la

⁸ Un relé es un interruptor automático controlado por electricidad. Permite abrir o cerrar circuitos eléctricos sin la intervención humana; se utiliza en sistemas automatizados como un secador de manos, para controlar la velocidad de motores, para hacer funcionar los motores de una puerta automática, entre otros usos. <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/9/Usrn/fisica/Recursos/flash2/rele.swf>

telefonía celular con aplicaciones especializadas, como el iphone y el ipod touch, o las consolas de videojuegos portátiles, etc.) “implica un cambio fundamental de perspectiva respecto al término «interactividad»”, esto es lo que promulgan los que se dedican al estudio de la HCI⁹ y al diseño de la interacción.

Desde el contexto de la interacción humano-computadora, la relación que se establece entre la persona y el entorno digital definido por el *hardware* (computadora) es una relación de tacto. La dimensión táctil de esta relación se observa a través de una correcta comunicación, en la cual se requiere retroacción para confirmar que el mensaje ha sido recibido; para este campo, esto es la interactividad (Herckhove, 1999).

El usuario es muy importante en esta relación táctil con la computadora, ya que da forma o proporciona el contenido, aprovechando el acceso no lineal para hacer una selección de los programas, o responsabilizándose completamente del contenido como suministrador fiable de contenidos (por ejemplo, las páginas web personales, los blogs). Así, tanto los emisores como los receptores de cualquier comunicación de red digital son los suministradores principales que a la vez conforman el contenido de la comunicación. De tal manera, se han desarrollado y diseñado herramientas, parámetros y condiciones de operación que han permitido a los usuarios hacerse cargo de la publicación y diseño de sus propios contenidos, gracias a la sencillez de las plataformas, en donde ya no es necesario aprender un lenguaje de programación o dominar un *software* altamente especializado para la creación y publicación de contenidos en redes digitales.

Por esta razón, en la HCI (también llamada Interacción Persona Ordenador IPO) se busca que el intercambio de información entre los usuarios no expertos y las computadoras sea más eficiente y amable, es decir, se trata de minimizar errores, incrementar la satisfacción y disminuir la frustración. Es aquí donde la metodología del diseño en la HCI se encarga del diseño, la implementación y la evaluación de los aparatos tecnológicos a los que se les ha llamado interactivos, (incluyendo el

⁹ Se utilizará HCI (Human-Computer Interaction) para referirse a la interacción humano-computadora.

software, hardware; es decir, todo el entorno) con la finalidad de que éstos sean sean eficientes, efectivos y seguros. Así los usuarios no han de cambiar radicalmente su manera de ser, sino que los sistemas han de ser diseñados para satisfacer las requisitos del usuario (Lorés *et al.*,2002).

Como el término “interactividad” ha sido identificado como concepto núcleo de los nuevos medios de comunicación, y en especial en la comunicación humano-computadora (HCI), en la cual están presentes usuarios con fines comunes (los cuales se relacionan a través de redes digitales), existe la necesidad dentro de HCI de una teoría coherente de la interactividad que la explique como un fenómeno social y, sobre todo, que muestre la manera como este fenómeno opera. Bucy (2004) considera tres problemas que han impedido la investigación en la formulación de dicha teoría: primero, la obsesión por “tipologizar” diferentes tecnologías interactivas y categorizar diferentes tipos y aspectos de la interactividad, sin tener un estructura teórica; segundo, la investigación que se ha realizado se ha concentrado en la formulación de la definición operacional del término, con poca o ninguna prueba empírica de su aplicación, resultados y evaluación, además, se ha dado mucha importancia a las propiedades de las interfaces (como mediadores que posibilitan la comunicación), más que a las experiencias que han tenido los usuarios con la tecnología; por último, la interactividad no ha sido analizada como un fenómeno de comunicación masiva. Por estas razones, este mismo autor propone supuestos básicos alrededor de los cuales se puede construir conocimiento sistemático sobre la interactividad en la sociedad:

- 1) Es mejor entender la interactividad como una variable perceptual que involucra la comunicación mediada por la tecnología.
- 2) Los efectos positivos y negativos en la percepción de la interactividad dependen hasta cierto punto del grado de las habilidades del usuario, las motivaciones y las competencias en los desafíos del sistema.
- 3) La interactividad es deseable hasta cierto punto y tiene consecuencias negativas¹⁰.

¹⁰ Bucy (2004) aclara que los efectos negativos de la interactividad se han observado en estudios que analizan la percepción de noticias en línea, encontrando que las características interactivas en línea tienen un costo

- 4) los efectos de la interactividad pueden darse en un individuo o a nivel social; y los efectos a nivel individual pueden influenciar el nivel social.

Bucy (2004) concluye que la construcción de una teoría de la interactividad podría proceder inductivamente como en otras investigaciones de las tecnologías de la información y la comunicación, en las que se utilizan los resultados para llegar a conclusiones generales. Al igual que con otras investigaciones, estos esfuerzos deben centrarse en el impacto que causan en los usuarios de las tecnologías interactivas, más que en el desarrollo continuo del *hardware*. De este forma, se podría delimitar el concepto de interacción mediada por la tecnología y entender la interactividad fundamentalmente como una variable perceptiva que evite quedar al margen de la intersubjetividad, a través de pruebas empíricas alejadas del campo obsesivo de la tipologización y definición del término. Con esto se evitan los supuestos especulativos acerca de la interactividad, los cuales pueden ser desplazados por un conjunto más realista de resultados verificables que informen y den forma al proceso de consolidación de dicha teoría.

1. La teoría de la interactividad

Heeter (2000), al igual que Bucy (2004), propone una teoría de la interactividad; considera que esta última es un concepto fundamental en la metodología del diseño y la programación en HCI, por ejemplo, para los programadores y los diseñadores de *software* y *hardware*: un buen sitio Web cumple con la característica de ser interactivo si facilita a los usuarios la obtención de la información y logra la comunicación de los contenidos multimedia. Por lo que entendida de esta manera, la “interactividad” es la habilidad de hacer que la interacción de la interface con un visitante sea un proceso amistoso e intuitivo.

cognitivo y emocional considerable, al exigir más paciencia, experiencia y conocimiento de los usuarios, aumentando el riesgo de confusión, frustración y reducción de la memoria, por ejemplo al descargar contenido multimedia de noticias en línea, contribuyen a una percepción negativa del sitio web, y en consecuencia tiene un impacto negativo en la evaluación de la calidad de las noticias. En este mismo autor también ejemplifica la percepción positiva de estudios que evalúan la interactividad en sitios web, y hace alusión a la paradoja de la interactividad, ya que por un lado se describen los efectos negativos y, por otro, se enaltecen los efectos positivos; a su vez, considera que no es una sorpresa esta controversia sobre la percepción de la interactividad en los usuarios, dada la concepción intuitiva del término.

Algunos manuales de *software*, y diversa literatura sobre diseño de páginas Web, hacen uso del término “interactividad” para referirse también a los movimientos que se realizan con el “ratón” (arriba, abajo, desplazar) dentro de un sitio. Otros reservan la “interactividad” para describir la complejidad de la programación en algún *software*; por ejemplo, JavaScript es un lenguaje que permite mostrar la información multimedia de forma dinámica dentro de una página web. Cuando el programador construye una página web hace uso de estos contenidos que enriquecen el diseño de la página; una vez que el usuario ingresa a la página y requiere de los contenidos a través de las ligas, el navegador web (Firefox, Internet explorer) solicita la ejecución de éstos, los cuales se encuentran alojados en una base de datos remota listos para su ejecución. Es en este sentido en el que la comunicación que se establece entre la computadora del usuario y el servidor donde se alojan los contenidos JavaScript suele denominarse “interactiva”.

Heeter (2000) puntualiza que desde la visión de HCI, la “interacción” es un evento de acciones físicas y de relaciones del humano con el mundo (incluyendo el ambiente y los objetos). Estas acciones y reacciones sucesivas son interacciones reales, y son a su vez un subconjunto de un rango potencial de interacciones del humano con el mundo, en tiempo y espacio. Esta misma autora analiza y discute un modelo en el que la comunicación es un flujo de mensajes desde la fuente al receptor, a través de canales sensoriales. Propuesto por Berlo’s en 1960, este modelo llamado SMRC (*Source, Message, Channel, Receiver*) considera la interactividad en un contexto de experiencias diseñadas¹¹; Hetter (2000), en cambio, propone un modelo alternativo al de Berlo’s: participante-canal-experiencia (figura 1). En este modelo Heeter (2000) describe los elementos de una teoría de la interactividad, para lo cual es necesario que:

- 1) La experiencia del participante esté situada en tiempo y espacio.

¹¹ Una experiencia diseñada es un intento para estructurar un ambiente, para crear posibilidades de acción (*affordances*) para un usuario. Ejemplo de una experiencia diseñada sería una narración en donde los que escuchan, imaginan mundos reales o ficticios entre otras situaciones presentadas por el narrador. No constituyen experiencias diseñadas la arquitectura, el diseño interior, los museos (Heeter, 2000).

- 2) La experiencia es realmente vívida (percibida, pensada, imaginada y recordada).
- 3) Se diferencia la experiencia en la que participa el usuario de otras; de esta manera la experiencia diseñada constituye un episodio o serie de episodios de acciones físicas y reacciones humanas con el mundo (el cual incluye el ambiente y objetos), así los participantes en la experiencia tienen interacciones reales.
- 4) el último elemento en esta teoría son las *affordances*¹², a través de las cuales podemos interactuar con un objeto sin necesidad de haberlo conocido con anterioridad, por lo que no es necesario reconocerlo, sino conocer su funcionalidad a través de su imagen.

Interactividad en experiencias diseñadas

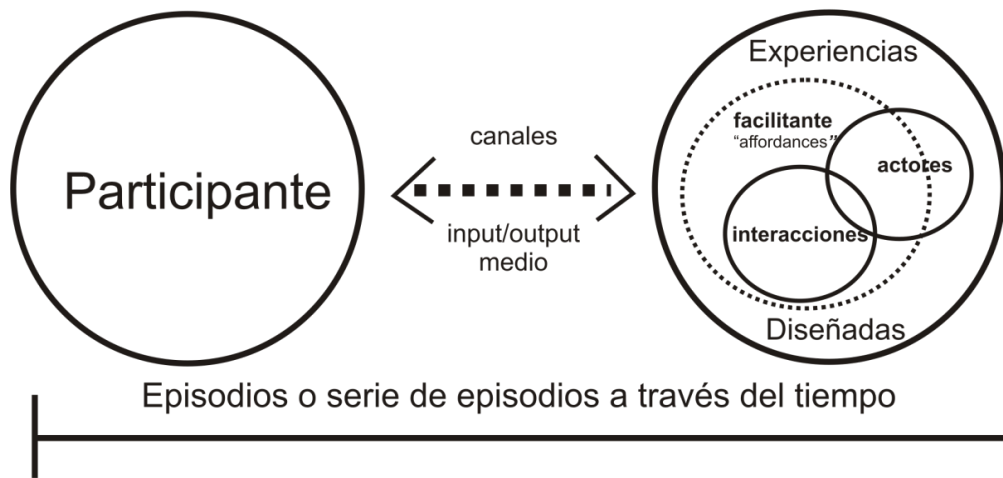


Figura 1. Modelo participante-canal-experiencia propuesto por Heeter (2000).

Desde el punto de vista de esta autora, una experiencia diseñada es un intento humano por estructurar un ambiente, para crear *affordances* en un programa de computación donde se da la participación humana. Estas experiencias son creadas por los diseñadores y los programadores con la intención de impactar, involucrar y/o habilitar la participación humana. De esta manera, los diseñadores proponen ciertas *affordances* con propósitos específicos, y las acciones físicas y

¹² Un *affordance* es un término difícil de traducir; se ha entendido como una posibilidad de acción o una propuesta dentro de la programación. Las posibles acciones en un sistema computacional incluyen la interacción física con dispositivos como la pantalla, el teclado y el "ratón". Pero el papel de las *affordances* no acaba con el aspecto físico del sistema, porque la aplicación del *software* también proporciona posibles acciones. Así, las funciones que son invocadas por el usuario son las *affordances* del *software* (Kaptelinin y Nardi, 2006).

reacciones del participante producidas por la experiencia diseñada constituyen el dominio real de la interactividad. Las acciones y reacciones son mediadas a través del cuerpo y si las tecnologías de la comunicación intervienen, a través de éstas se limitan o extienden los canales físicos normales (Heeter, 2000).

Affordance es un término interesante que ha generado mucho debate en HCI; originalmente fue propuesto por el psicólogo Gibson J.J. (1979) en su publicación "The ecological approach to visual perception". Este autor considera a la percepción como una función de la estimulación, y al acto de percibir como una relación normalmente adaptativa entre organismo y ambiente; sin importar los mecanismos responsables del logro perceptivo ni sus implementaciones (la biología del sistema nervioso central es irrelevante), lo que para Gibson sí importa es el estudio de la percepción, el análisis de las variables informativas del estímulo y la consecuente conducta adaptativa de los organismos; desde este contexto, la percepción del ambiente lleva inevitablemente a algún curso de acción; por lo tanto, las *affordances* o "pistas en el ambiente" (cualidades) indican las posibilidades para la acción de los seres vivos, y se perciben de una manera directa e inmediata (Reales, 1996).

En 1979 Gibson definió el término "*affordances*" como todas las "posibilidades de acción" que el ambiente proporciona a los organismos, mismas que son objetivamente medibles e independientes de la habilidad que tiene el individuo para percibirlos y reconocerlos, pero siempre respecto al agente y, por consiguiente, dependiente de sus capacidades. Explicaremos lo anterior con un ejemplo propuesto por Gibson respecto de un *affordance* en la naturaleza:

El suelo plano, horizontal y extendido (relativo al tamaño del animal). Si esta sustancia es rígida (relativo al peso del animal), entonces la superficie ofrece un soporte, permitiendo la postura erguida de cuadrúpedos y bípedos. Por lo tanto, son capaces de caminar o correr.

Para Gibson, el suelo tiene propiedades físicas medibles (plano, extendido, rigidez), pero las relativas al animal o animales en cuestión son propiedades únicas y, en consecuencia, la conducta de los animales está sujeta a las propiedades que el ambiente proporciona. Esta superficie de soporte (suelo o sustrato) es algo que se refiere en cierto modo al ambiente y al animal, y para las que ningún término existente provee significado. Implica un complemento entre “el animal y el ambiente”. A su vez, “los organismos dependen del ambiente para vivir, pero el ambiente no depende de los organismos para su existencia”.

Desde mi punto de vista, el problema es que la visión de Gibson únicamente atañe a la conducta adaptativa de los organismos y a su respuesta al medio ambiente, pero no contempla la relación recíproca entre ambiente y organismos vivos; es decir, en términos biológicos los seres vivos ejercen influencia y modifican el ambiente, el suelo tiene propiedades particulares por la acción biológica de los seres vivos que viven, transforman el suelo y además están sujetos a mecanismos evolutivos (históricos) cambiando a través del tiempo junto con el ambiente.

Incluso con sus problemas en la interpretación y la falta de traducción al castellano del término “*affordances*”, en su sentido original el término se refiere a las posibilidades de acción de algún organismo vivo con el entorno, sean éstas visibles o no, conocidas o no. En el diseño de la interacción en el ámbito de HCI, como un término análogo a “*affordance*” se usa también la frase “*perceived affordances*”, que serían todas las posibilidades percibidas por el usuario, y no sólo aquellas que tienen el efecto que el usuario espera.

Lo interesante de esta discusión sobre el término “*affordance*” es que resulta de la observación de los seres vivos en sus ecosistemas; es decir, del campo de la Biología y la Ecología se reinterpreta y cambia de lugar y aplicación a otras disciplinas. Actualmente, este término se usa en una variedad de campos como la psicología perceptual, la cognoscitiva, la medioambiental, así como en el diseño industrial, en la interacción humano-computadora (HCI) y en el diseño de la interacción e inteligencia artificial. Para Kaptelin y Nardi (2006), este término ha sido mal entendido y, más aún, mal interpretado; se ha entendido en términos de

manipulación de los artefactos físicos, por ejemplo en HCI “*affordance*” incluye los botones para empujar, las asas para tirar, las palancas, etc., por lo tanto, el concepto ha estado limitado al nivel de operación del usuario con la computadora. Estos mismos autores consideran necesario extender su significado y dominio a la actividad humana como un todo, y no sólo al nivel operativo de los artefactos. Este problema se abordará más adelante dentro de la teoría de la actividad.

2. La interactividad y sus dos aspectos: funcional y perceptual

Para Sohn y Lee (2005) la interactividad es multidimensional y los elementos que se perciben de la interactividad son la dirección de la comunicación, el control y el tiempo. Este autor considera la interactividad como algo vital para entender la dinámica de los procesos de comunicación en internet, y la mira como un concepto emergente que surge de la intersección de dos elementos esenciales de la Interacción Humano-Computadora (HCI):

- El aspecto funcional del medio.
- El aspecto perceptual de los usuarios.

Muchos autores han tratado de medir la interactividad en los ambientes de páginas web e internet; así, han medido variables como la usabilidad¹³, la

¹³ La usabilidad (*usability*) es la característica de un sistema para ser utilizado con efectividad, eficiencia y satisfacción para:

- Un tipo o tipos específicos de usuario/s.
- La tarea o tareas para las cuales el sistema se ha hecho.
- El contexto en el que se da la interacción.

El "grado de usabilidad" de un sistema es una medida empírica y relativa de la usabilidad del mismo.

- Empírica, porque no se basa en opiniones o sensaciones, sino en pruebas (*tests*) de usabilidad, realizadas en laboratorio u observadas mediante trabajo de campo.
- Relativa, porque el resultado no es ni bueno ni malo, sino que depende de las metas planteadas (*por lo menos 80% de los usuarios de un determinado grupo o tipo definido deben poder instalar con éxito el producto X en N minutos, sin más ayuda que la guía rápida*) o de una comparación con otros sistemas similares.

El concepto de usabilidad se refiere a una aplicación (informática) de (*software*) o un aparato (*hardware*), aunque también puede aplicarse a cualquier sistema hecho con algún objetivo particular.

El modelo conceptual de la usabilidad proveniente del diseño centrado en el usuario no está completo sin la idea de utilidad. En inglés, utilidad más usabilidad es lo que se conoce como *usefulness*.

Jakob Nielsen definió *usabilidad* como el atributo de calidad que mide lo fáciles que son de usar las interfaces Web (<http://www.useit.com/alertbox/20030825.html>).

accesibilidad, la percepción del control en la navegación, el control en los contenidos, la rápida respuesta, la comunicación en tiempo real con otros usuarios (interacción), la percepción de la sensibilidad, entre otras.

Sohn y Lee (2005) intentaron medir la percepción de la interactividad en una muestra aleatoria de usuarios de la web en ocho estados de la Unión Americana, les aplicaron una encuesta en donde les preguntaban su percepción en el manejo de la web en lo que respecta al tiempo utilizado, control sobre la navegación, control sobre los contenidos, respuesta rápida, espera de los resultados, y sobre si se sentían cómodos como usuarios y al expresar opiniones, si se comunicaban en tiempo real con otros usuario. Encontraron que la percepción que tienen los usuarios mientras usan la Web no sólo es una función de las características tecnológicas de un medio, sino que está estrechamente relacionada con las necesidades de cognición del individuo, es decir, determinada por sus características psicológicas. Además, encontraron que la percepción de la respuesta de los individuos en la Web está relacionada con la forma en que se practica la comunicación, la cual está inmersa en un ambiente socialmente estructurado¹⁴. En otras palabras, consideran que la percepción que tiene un individuo sobre un medio de comunicación, en este caso la Web, se origina desde un conocimiento y experiencia previos condicionados por la estructura social de los individuos que participan en la comunicación. Entonces, la dimensión de la percepción de la respuesta está relacionada con el contexto de comunicación social de las personas.

Sohn y Lee (2005) proponen que considerando estos aspectos de la Interacción Humano-Computadora (funcional y perceptual), “nuestra comprensión de la interactividad está confundida con la percepción de usabilidad. Por lo tanto la interactividad puede ser vista como un atributo de la comunicación tecnológica” (Sohn y Lee, 2005, p. 15) y sin la funcionalidad del medio tecnológico, o la percepción humana, el concepto de interactividad no tiene sentido y no puede ser

¹⁴ Los sociólogos definen el término “estructura” como un patrón recurrente de relaciones que gobiernan reglas y recursos guiando las acciones individuales, pero desde una perspectiva social, es decir, los individuos forman grupos o redes sociales (Sohn y Lee, 2005).

definido o científicamente estudiado, porque la interactividad es un resultado emergente de la intersección de dos aspectos: la funcionalidad y la percepción.

Hasta este momento hemos revisado algunos elementos en la comprensión de la “interactividad” en el campo de HCI; por una parte, Bucy (2004) sugiere que la interactividad debe ser entendida como una variable perceptual que implica la comunicación mediada por la tecnología; y los efectos de interactividad dependen en cierta medida de la relación de habilidades del usuario; Heeter (2000) considera lo contrario, al proponer a la interactividad como acción física separada de la percepción, la motivación, las emociones y los pensamientos. Al igual que Bucy (2004), Sohn y Lee (2005) consideran que la experiencia y las impresiones subjetivas son la clave para encontrar puntos comunes entre la web y los medios de comunicación tradicionales.

Hemos visto la necesidad actual dentro del contexto de la HCI de investigar la interactividad como un fenómeno social y psicológico y de funcionalidad. Este tipo de investigaciones les permitirá a diseñadores y programadores no sólo establecer objetivos concretos de comunicación a través de la web, sino transformarlos en resultados tangibles. El problema es: ¿cómo guiar este tipo de investigaciones? A continuación revisaremos la teoría de la actividad, dentro del campo de la HCI, como una respuesta a esta pregunta.

3. La teoría de la actividad

El estudio de la interacción humano-computadora se encuentra, por un lado, en la intersección de las ciencias sociales y del comportamiento y, por otro, en la tecnología de la computación e informática. Como hemos visto, la HCI estudia cómo las personas diseñan, implementan y usan las interfaces¹⁵ para facilitar la interacción humano-computadora. Carroll (2003) plantea que el crecimiento de HCI ha sido muy rápido y visible en las ciencias de la computación. Se trata de un

¹⁵ Las interfaces interactivas median la redistribución de las tareas cognitivas entre las personas y las computadoras. Se distinguen de otros artefactos cognitivos por dos características: 1) proveen el medio representativo más plástico que se ha conocido y 2) habilitan formas de comunicación poco usuales.

campo de estudio muy joven y exitoso desde hace 20 años, y un elemento clave e importante en su desarrollo en su prospección como una ciencia multidisciplinaria. Hacia finales de la década de 1970, la ciencia cognitiva se había construido como un proyecto multidisciplinario surgido de la conjunción de la lingüística, la antropología, la filosofía, la psicología y la computación. Uno de los principios fundamentales que tomó la ciencia cognitiva fue la teoría representacional de la mente (la tesis de que la conducta humana y la experiencia pudieran ser explicadas por estructuras mentales y operacionales explícitas); y un segundo principio fue que como una ciencia multidisciplinaria efectiva debía ser capaz de apoyar y beneficiar de sus aplicaciones a problemas reales. Así, en la década de 1980 la ciencia cognitiva fue una fuente de nuevas ideas para que emergiera la HCI como una ciencia multidisciplinaria. Actualmente, en la HCI ha habido, por un lado, muchos cambios, los cuales se han expresado en una gran cantidad de aportaciones teóricas, métodos y dominios de aplicación a muchos sistemas, así como, por otro lado, el desarrollo de técnicas y nuevas tecnologías.

A partir de la HCI se han desarrollado otros campos de investigación, por ejemplo, los investigadores supusieron que la cognición humana podría ser modelada a través de programas de computación para desarrollar la inteligencia artificial. La necesidad de aportaciones teóricas y su contrastación a través de la experimentación en el campo de HCI, llevó al desarrollo de nuevos fundamentos teóricos en el diseño de la interacción. Los editores (Nardy, 1996) que publicaron hace 13 años “Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction” presentaron argumentos con el fin de señalar el potencial del fundamento teórico para el diseño de interacción y para HCI a través de la llamada Teoría de la actividad.

Esta teoría surgió en el marco del “diseño de la interacción”, término que se ha utilizado ampliamente de diferentes formas y en distintas comunidades científicas. Autores como Lowgren y Stolterman (2004) han definido el diseño de la interacción como “el proceso para crear, formar, revisar, y decidir todas las cualidades de uso orientadas (estructural, funcional, ética, estéticamente) de los

artefectos digitales para uno o muchos clientes”, la aplicación de esta definición no se restringe sólo a las habilidades de las computadoras o a los artefactos digitales de toda clase, sino también a la totalidad de sus potencialidades (Kaptelinin y Nardi, 2006). Para Winograd (1996), el diseño de interacción es “el diseño de espacios para la comunicación e interacción humana”. Esta definición abarca un amplio rango de problemas a resolver, como los estudios empíricos en el diseño de escenarios en los que se trabaja no sólo a través de computadoras, sino mecánicamente.

De lo anterior se desprende: el diseño de la interacción y la Teoría de la Actividad tienen un amplio rango de aplicaciones que van desde la computadora, hasta el conocimiento del uso de la tecnología en las actividades humanas. En el campo de la interacción humano-computadora se han generado una serie de conceptos núcleo en la investigación de esta disciplina, y que están enfocados a la noción de “usuario”, como “diseño centrado en el usuario”, “la experiencia del usuario”, “usabilidad” (*usability*), “efectividad” (*usfulness*). También se ha incorporado “la actividad humana” en el diseño de la interacción, lo que ha generado conceptos como “actividad-basada”, “actividad-centrada”, “actividad dirigida” en el usuario. Actualmente los investigadores dirigen sus esfuerzos al establecimiento de una estructura teórica para el diseño de la interacción, la cual explique cómo las personas usan la tecnología para trabajar o para jugar.

La visión de una necesidad por extender las perspectivas y herramientas específicas del pensamiento en el diseño de la interacción permitió el surgimiento de la Teoría de la actividad, junto con sus principios básicos: la intencionalidad, la asimetría, el desarrollo humano, la actividad humana, la cultura y la sociedad, todos ellos con énfasis en el diseño de la interacción en los planos social, emocional, cultural y en las dimensiones creativas de los actores humanos en contextos similares. La teoría de la actividad ha tenido aplicaciones en psicología, educación y en otros campos del conocimiento, además de la informática y la computación; su propósito es entender la unidad de la conciencia y la actividad humana y, por lo tanto, es una teoría social de la conciencia humana, que

considera la construcción de esta conciencia como un producto de las interacciones individuales de las personas y los artefactos en el contexto de la actividad práctica cotidiana (Kapteline y Nardi, 2006). Para estos últimos autores, la teoría de la actividad abre caminos de discusión relacionados con la interacción humana y la tecnología, que pueden ser potencialmente fructíferos porque alientan, la participación de los individuos en la discusión acerca de la globalización y el desarrollo de los efectos incuestionables que genera el desarrollo y la construcción de las nuevas tecnologías.

La filosofía general de la Teoría de la actividad puede ser caracterizada por dos ideas principales que surgen de la psicología rusa de las décadas de 1920, con Lev Vigotsky y colegas, y en 1930 con Aleksey Leontiev:

- La unidad de la conciencia y la actividad.
- La naturaleza social de la mente humana.

La primera idea afirma que la mente emerge, existe, y puede ser entendida en el contexto de la relación sujeto-objeto; la segunda demanda que la sociedad y la cultura no son factores externos que influyen a la mente humana, sino que son fuerzas involucradas directamente en la fabricación de la mente. La Teoría de la actividad tiene como principio analizar a los seres humanos y su ambiente natural, donde todas las actividades humanas están dirigidas hacia los objetos, pensando en éstos como aquéllos que dan significado a lo que hacen las personas.

Dentro de esta teoría, la noción de la actividad es entendida en un amplio sentido de relaciones del sujeto con el objeto, y puede ser analizada en varios niveles dinámicos, como son las actividades, las acciones y las operaciones. Las herramientas también juegan un papel interesante, son mediadoras, permiten a las personas interactuar con la realidad y reflejan la experiencia de otras personas que se acumula en las propiedades estructurales de las herramientas que han sido transformadas y construidas a través de la historia por el desarrollo de las actividades humanas. Por último, la Teoría de la actividad requiere que la interacción humana pueda ser analizada en un contexto de desarrollo histórico.

Los principios de esta teoría son:

- La intencionalidad, es decir, las personas realizan deliberadamente ciertos actos con la tecnología.
- La asimetría, la cual distingue entre las personas y las cosas; nuestras posibilidades cognoscibles a través de las interacciones con otras personas y artefactos son distintivas de cualquier clase de acción que nosotros podamos sensiblemente atribuirle a los artefactos. Las personas actúan como sujetos en el mundo, construyendo y asignándole a los objetos cualidades para sus intenciones y deseos. La teoría de la actividad moldea las relaciones mediando entre las personas, y a su vez las herramientas son intermediarios entre las personas y el mundo.
- El desarrollo es un proceso sociocultural en el que los individuos transforman su cultura y sociedad a través de su actividad, reestructurando radicalmente sus concepciones, trascienden la cultura de formas impredecibles, ver figura 2 (Nardi, 1996).

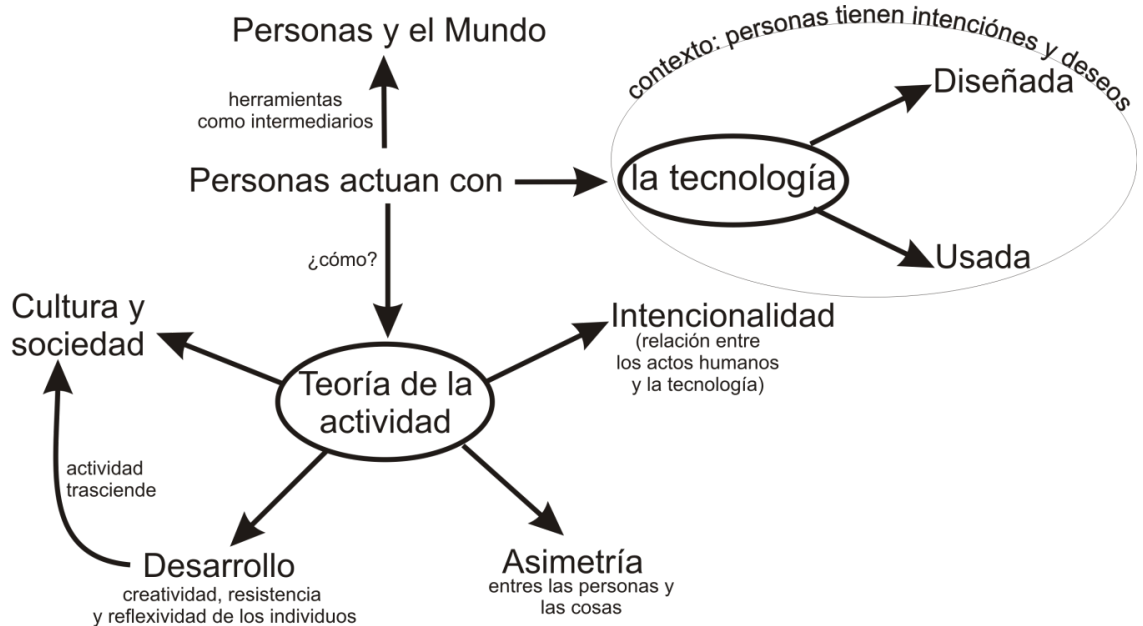


Figura 2. Principios de la Teoría de la actividad. Fuente: elaboración propia.

Los principios de la Teoría de la actividad establecen, por lo tanto, que la mente humana emerge y existe como un componente especial de la interacción humana con el ambiente. La mente es un “órgano” especial que surge durante el proceso

evolutivo y ayuda a los organismos a sobrevivir, y esto sólo puede ser entendido y analizado dentro del contexto de la actividad (Kaptelinin y Nardi, 2006). El concepto de actividad es fundamental para esta teoría, y tiene su base en el trabajo surgido en 1978 y titulado “Activity, Consciousness, and Personality”, de Leontiev A., en donde este autor propone que:

La actividad es molar, no una unidad sumativa de la vida física, sujeto material. En un sentido más estricto, es decir, a nivel psicológico, es la unidad de la vida, mediada por la reflexión psíquica, la verdadera función de la cual se orienta el sujeto en el mundo objetivo. En otras palabras, la actividad no es una reacción ni una totalidad de reacciones, sino un sistema que tiene estructura, sus propias transiciones y transformaciones internas, su propio desarrollo.¹⁶

La Teoría de la actividad sostiene que las propiedades del sujeto y el objeto existen antes y más allá de las actividades, y que estas propiedades no sólo se manifiestan por sí mismas en varias circunstancias, sino que realmente existen. Los cambios en el desarrollo del sujeto resultan de la participación en actividades determinadas por la propia naturaleza de éstas, mismas que pueden causar cambios sustanciales en las propiedades del sujeto. Así, la unidad de análisis que permite una forma de entender tanto al sujeto como al objeto de forma conjunta son las “acciones en el mundo”. Éstas se refieren a “la habilidad de actuar en el sentido de producir efectos, como un atributo fundamental del sujeto y el objeto”, noción que implica efectos mutuos entre los sujetos y objetos; en otras palabras, habilidades y necesidades de actuar.

La Teoría de la actividad se ha establecido dentro de la comunidad que estudia el diseño de la interacción, pero no sólo en este ámbito ha ganado terreno, sino que se ha incrementado su popularidad en otros campos como la educación, los

¹⁶ Traducción del texto: *Activity is a molar, not an additive unit of the life of the physical, material subject. In a narrower sense, that is, at the psychological level, it is a unit of life, mediated by psychic reflection, the real function of which is that it orients the subject in the objective world. In other words, activity is not a reaction and not a totality of reactions but a system that has structure, its own internal transitions and transformations, has structure, its own internal transitions and transformations, its own development.*

estudios de comunicación y la ergonomía. A partir de la Teoría de la actividad se analiza el uso de la tecnología desde diferentes perspectivas, como la interacción física, la interacción conceptual y la interacción contextual social. Todos estos aspectos son estudiados desde una perspectiva multidisciplinaria respectivamente, desde la psicología, la psicología cognitiva y la psicología sociocultural, las cuales guían el diseño de la interacción.

4. Conclusión del capítulo

A la luz de campo de HCI (Interacción Humano Computadora) se han descrito dos teorías: la de la Interactividad, propuesta por Heeter (2000), y la de la Actividad, de Kaptelin y Nardi (2006). Por un lado, a través de su modelo teórico, Heeter (2000) plantea describir la experiencia (previamente diseñada por el programador y/o diseñador) del participante mediada por la computadora en tiempo y espacio, a través de interacciones reales (*hardware* y *software*); como una serie de episodios de acciones físicas y reacciones que tiene éste con el mundo (incluyendo ambiente y objetos). El elemento clave en la Teoría de la interactividad son los objetos que presentan ciertas posibilidades de acción (*affordances*) a los participantes. Para Heeter (2000), la interactividad se entiende como acciones físicas que realizan los participantes mediadas por la computadora, separadas de la percepción, la motivación, las emociones y los pensamientos (Bucy, 2004). Por el contrario, para Bucy (2004), Sohn y Lee (2005) la interactividad tiene un alto grado de subjetividad por parte de los participantes, y debe ser entendida en dos aspectos: el funcional y el perceptivo.

Desde la perspectiva de la Teoría de la actividad, la investigación está enfocada en los humanos y su relación con el ambiente natural a través de las actividades que éstos realizan; desde esta teoría, la mente existe y puede ser entendida en el contexto de la relación sujeto-objeto, mientras que la sociedad y la cultura son las fuerzas generadoras de la mente. Las actividades humanas (unidad conciencia-actividad) están dirigidas hacia los objetos como herramientas que median y permiten a los participantes o usuarios interactuar con la realidad. Desde la visión de esta teoría, la interacción humana es analizada en un contexto histórico-social,

en donde la actividad de nosotros los humanos es un sistema estructurado de transiciones y transformaciones en nuestro desarrollo como especie.

En la Teoría de la actividad, el concepto núcleo es la actividad humana, mas no la “interactividad”; aquí recupero lo propuesto por Svanaes (2000): la “interactividad” es una manifestación de una actividad que se produce en la interacción Humano-Computadora, e “interactivo” es una propiedad que poseen los objetos (herramientas) que permiten la interacción.

Recapitulando, desde el ámbito de la HCI existen dos propuestas planteadas hasta el momento:

- a) El establecimiento de una Teoría de la interactividad (no acabada), que intenta evaluar tanto el aspecto funcional y perceptual de la “interactividad”.
- b) La Teoría de la actividad, que explica a la actividad humana en el contexto de la comunicación mediada por las computadoras.

En ambas teorías está implícita la “interacción”, además de elementos propios de la filosofía de la acción, como son la intencionalidad, la acción, los agentes, los objetos. Como se describió a través de la filosofía de la acción, los humanos poseemos la aptitud o capacidad de actuar de manera voluntaria, intencional, deliberada y razonadamente, así como de actuar en consecuencia. Estas acciones producen cambios, por lo que las podemos analizar desde el punto de vista histórico-social, ya que afectan otras acciones humanas y se desarrollan en tiempo y espacio; asimismo, en estas interacciones se apela a los medios (objetos, medios tecnológicos). Además, es importante poner atención a lo que Echeverría (1997) considera como un vacío en la investigación en este campo, es decir, investigar si las acciones humanas son distintas si se atañe a un medio natural o a un medio artificial. Para este mismo autor, las acciones cambian fundamentalmente en un medio tecnológico; aunque las creencias y las intenciones, pueden ser similares en uno u otro medio.

CAPÍTULO III

La interactividad en los ambientes de aprendizaje informal, el caso de los museos de ciencias

Introducción

Como se ha mostrado hasta aquí, el término “interactividad” es usado de formas muy diversas en los diferentes campos del conocimiento. A partir de esta sección, describiré cómo está siendo utilizado éste término en la actualidad, así como el debate que ha surgido respecto de este término en el campo de los museos de ciencias. También discutiré sobre la pertinencia de su uso para describir la experiencia que viven los visitantes en los museos de ciencias, y cómo es que se ha extrapolado el término “interactividad” desde el campo de la Interacción Humano-Computadora (HCI) hacia el campo de la museografía.

1. La función de la comunicación de la ciencia

¿Qué entendemos por comunicación de la ciencia? Para Estrada (1987), la comunicación de la ciencia es un terreno que recientemente se ha separado del campo de la investigación científica, como resultado natural de la especialización del quehacer científico, que refleja la decisión de hacer una ciencia ligada a la sociedad que la sustenta. Es un puente que une al mundo de la ciencia con el resto del universo cultural. Como una actividad nueva, no tiene estructura definitiva, por eso es que también es flexible y dinámica. Para este mismo autor (2002), la frase “comunicación de la ciencia” se emplea cuando en la participación del conocimiento científico se busca diálogo, esto es, intercambio de saberes y experiencias. De la comunicación de la ciencia se distinguen dos actividades importantes: la difusión y la divulgación de la ciencia. Este mismo autor explica: “cuando se trata de la propagación de conocimiento entre especialistas se emplea la palabra difusión y en el caso en que se busque presentar la ciencia al público general se emplea la palabra divulgación” (Estrada, 2002, p.139). En la actividad

de la divulgación de la ciencia, el desconocimiento de un tema científico por parte del individuo (público) “no se debe a clase alguna de incapacidad personal”.

Cassany *et al.* (2000) consideran que la comunicación de la ciencia no es una práctica objetiva, neutra o desvinculada de personas e intereses, sino por el contrario: es el resultado de la negociación entre sus interlocutores y desempeña un papel fundamental en la cultura, porque es la primera fuente de donde se nutre la gente no especializada en las ciencias, y porque es la responsable de la formación del público respecto a la ciencia (Olivé, 2000). A su vez, Lozano (2005) propone que el objetivo principal de la comunicación de la ciencia sea lograr la participación activa de todos los sectores sociales en la búsqueda de soluciones que involucren a la ciencia y la tecnología en la resolución de problemas (sociales, ambientales, de salud, de desarrollo, etc.) de forma dialogada.

La divulgación de la ciencia es un proceso que inicia desde que los investigadores publican sus resultados en revistas especializadas; al respecto, Cerejido (2002) describe cómo es que este producto recorre un camino antes de llegar a ser transmitido al gran público en lenguaje accesible y decodificado; a su vez, desde el punto de vista de Estrada (2002) constituirían diferentes niveles de difusión. El recorrido se inicia cuando el artículo especializado es leído por muy pocos especialistas en el tema; 2) posteriormente el resumen (*abstract*) de este artículo es leído por más personas; 3) al llevarse a cabo una revisión en el que se extracta a más artículos originales, se obtienen conclusiones con menos detalle; 4) pasa el tiempo y estos artículos de revisión ahora están escritos y dirigidos a un público más numeroso y menos especializado; 5) finalmente, las conclusiones de tantas revisiones son utilizadas para conformar la estructura de libros de texto, de artículos de divulgación científica y otras fuentes de divulgación. Estas conclusiones estructuradas en enunciados que todos podemos entender nos deben permitir propender por una participación democrática en la toma de decisiones que afectan nuestra vida diaria. Supuestamente, todos deberíamos poseer los conocimientos científicos suficientes que nos permitan opinar y tomar decisiones con fundamento sobre temas actuales (Sánchez-Mora M. C., 2004).

El problema es: ¿cómo lograr transmitir al gran público en lenguaje accesible y decodificado las informaciones científicas y tecnológicas?, una posible respuesta es recrear por algún medio el conocimiento científico, en donde la transmisión del conocimiento se dé entre pares con una cultura científica básica compartida, propiciando un diálogo entre el destinatario y los científicos (Sánchez-Mora M.C., 2004), o bien promoviendo la equidad y la inclusión social en un proceso en el cual se ve “al otro” como un interlocutor (Tagüeña *et al.*, 2006).

Pero además, si consideramos que la comunicación de la ciencia debe cumplir con una función educativa, es decir, ser un medio de enseñanza informal, entonces, dicha actividad debe ser capaz de lograr un punto medio entre los conceptos y fenómenos científicos (García, 2002), con el fin de “poner al alcance del público el conocimiento científico”. Por su parte, Ana María Sánchez Mora (2009) considera que la frase anterior es una descripción correcta, pero no muy práctica, ya que para algunos sólo bastará con usar un lenguaje común, o bien eliminar ecuaciones y palabras técnicas para conseguir dicho fin.

Además, surgen nuevas preguntas, entre ellas, ¿cómo interesar y entusiasmar al público? y ¿cómo lograr finalmente que la ciencia sea considerada parte de la cultura?; es decir, ¿cómo lograr que haga frente a las explicaciones alternativas que la gente construye para comprender la realidad?

Una posible respuesta a estos planteamientos es la propuesta de Stocklmayer (2001), quien señala que para ser efectiva en el levantamiento del interés y entusiasmo de cualquier audiencia, la comunicación debe ser un proceso interactivo, dinámico y a manera de una actividad relacional que se da entre las personas. Los comunicadores y divulgadores de la ciencia fallan en su labor, porque sólo piensan en el mensaje que han de transmitir, pero no en el público. Por tanto, la comunicación de la ciencia debe ser estudiada a través de la observación directa de la actividad comunicativa *in situ*, con la finalidad de entender el proceso que se da entre las personas y conocer los obstáculos que impiden que la comunicación científica sea eficaz.

El reconocimiento de que entre la sociedad y la ciencia ha habido siempre una gran brecha, debido en gran medida a dificultades de comunicación, ha hecho que se planteen nuevos espacios educativos en donde se busca propiciar la transmisión y la comprensión de la ciencia y la tecnología (Sánchez-Mora M. C. 2002). En este sentido, la comunicación de la ciencia se vale de diferentes medios: las publicaciones científicas y divulgativas (en papel y electrónicas), los foros de ciencia, los museos de ciencias, las conferencias y las asociaciones científicas (en México: SOMEDICyT, AMC, AMMCCyT), así como por diplomados, maestrías y doctorados en comunicación de la ciencia. Estas acciones divulgativas se dirigen a un público diverso: a los científicos de la misma área, a científicos de áreas distintas y al público en general.

2. ¿Qué caracteriza a los museos de ciencias?

Uno de estos medios para comunicar la ciencia es la institución museística, en especial los museos de ciencias, “que son parte de la oferta cultural y de entretenimiento; y que pueden ser utilizados como complemento a la educación formal¹⁷, como un medio para la educación continua; además, pueden ser espacios de encuentro entre la sociedad y la comunidad científica para informarse, debatir sobre problemas de actualidad y formarse elementos de juicio para la toma de decisiones a nivel individual o colectivo, por mencionar algunas” (Reynoso, 2009).

Los museos de ciencias han cambiado de forma radical, especialmente a partir de la segunda mitad del Siglo XX. Efectivamente, el tradicional museo decimonónico, de carácter cerrado y elitista, no tiene nada que ver con los museos actuales, son

¹⁷Se habla de tres modalidades de la educación, la formal, noformal e informal; la educación formal hace referencia al sistema educativo en general, altamente institucionalizado, cronológicamente graduado y jerárquicamente estructurado; la educación no formal es toda actividad organizada, sistemática, educativa, realizada fuera del marco del sistema oficial, para facilitar determinadas clases de aprendizaje a subgrupos particulares de la población, tanto adultos como niños y la educación informal hace referencia a un proceso que dura toda la vida y en el que las personas adquieren y acumulan conocimientos, habilidades, actitudes y modos de discernimiento mediante las experiencias diarias y su relación con el medio ambiente (Coombs y Ahmed, 1975; en Sarramona *et al.*, 1998, p. 12). Para Desvallées y Mairesse (2010, p. 32) en el contexto museal, "la educación informal procura desarrollar los sentidos y la toma de conciencia, está unida a la movilización de los saberes surgi-dos del museo, con miras al progreso y al florecimiento de los individuos".

totalmente diferentes a la primera generación¹⁸ de museos en la cual no se tocaba, ya que las experiencias involucraban artefactos en vitrinas o desplegados de texto estáticos (McManus, 1992). Los primeros museos de ciencias se remontan 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. Estos museos, de interés para los estudiosos del material que contenían, excluyeron claramente al público en general (Reynoso *et al.*, 2005). La inspiración de los museos actuales reside, precisamente, en la apertura hacia la comunidad y la vinculación con la misma en una dinámica continua, enriquecedora e interrelacional de dar-recibir, es decir, el público no sólo puede observar, sino también tocar (Pastor, 2004).

La potencialidad de estas exposiciones dinámicas para instruir e informar a los visitantes impulsó la comunicación de la ciencia, mediante el establecimiento de *centros de ciencia y tecnología interactivos* —los comúnmente nombrados museos interactivos— (Hein, 1990). Fue así que se buscó que los aparatos exhibidos pudieran ser manipulados por el público. Este giro en la forma de presentar los contenidos y la relación establecida con el público marcó el inicio de los museos de ciencias de segunda generación. En las décadas de los 60 y 70 estos museos de ciencias se percibieron como una excelente herramienta didáctica, por lo que se puso énfasis en disminuir considerablemente los “objetos intocables”, y el término “interactividad” se convirtió en la palabra clave de los museos de ciencias, de los cuales su propósito era la participación activa de los visitantes con la exposición, cambio que constituyó la tercera generación de los museos de ciencias (Reynoso *et al.*, 2005).

Actualmente, los museos de ciencias, los centros de ciencia, los museos comunitarios y los museos virtuales (con acceso vía internet) se consideran

¹⁸ La clasificación en diferentes generaciones de museos refleja cambios en la filosofía de los museos, los contenidos, la forma de presentar los temas, los objetivos y la relación con el usuario. Son un reflejo de la evolución del conocimiento, no sólo en cuanto a su contenido, sino también en relación con los criterios utilizados para validarlo, así como de lo que se espera que se apropie el visitante (Reynoso *et al.*, 2005)

expresiones de la Nueva Museología¹⁹, los cuales surgieron como formas diferentes al quehacer museológico tradicional, cuestionando específicamente los enfoques del museo tradicional hacia resultados de valor, significación, control, interpretación, autoridad y autenticidad (Ariel, 2005).

En particular, los Museos de ciencias o Centros de Ciencia²⁰ (MC ó CC)—como se les ha nombrado— ofrecen y exigen de los visitantes una participación activa, a través de lo que se ha llamado “exposiciones interactivas”²¹, las cuales generan un acercamiento ante lo que se exhibe, a través del acceso a una variedad de medios mecánicos, maquetas, demostraciones experimentales, videos, gráficos, entre otros. Con lo anterior se proporciona una experiencia plenamente inmersiva, definida por el visitante y en donde éste elige libremente entre varias opciones (teniendo la posibilidad de redefinir la exposición misma), además, es claro que estos centros buscan captar y responder a las expectativas y necesidades de todos los visitantes y les ofrecen experiencias enfocadas a la solución de problemas de su vida cotidiana; con frecuencia incluyen experimentos con plantas y animales, y fungen como foros de análisis y debate social acerca de temas de ciencia y tecnología, incluyendo el papel de éstas en la sociedad (Padilla, 2006). Por lo anterior, Sánchez-Mora M. C. (2009a) menciona que los museos de ciencias, además de ser “instituciones educativas que exhiben ideas y conceptos científicos mediante equipos construidos *ex profeso*, además de especímenes del

¹⁹ "La Nueva Museología reagrupa a un cierto número de teóricos franceses cuya acción se irradia internacionalmente a partir de 1984. Al referirse a los precursores que desde 1970 han publicado textos innovadores, esta corriente de pensamiento puso el acento sobre la vocación social del museo y su carácter interdisciplinario, al mismo tiempo que sobre sus renovadas formas de expresión y de comunicación. Su interés se dirige a los nuevos tipos de museos concebidos en oposición al modelo clásico y a la posición central que ocupan en ellos las colecciones: se trata de los ecomuseos, los museos de sociedad, los centros de cultura científica y técnica y, de manera general, la mayor parte de las nuevas propuestas que tienden a utilizar el patrimonio en favor del desarrollo local" (Desvallées y Mairesse, 2009, p. 58).

²⁰ Los "museos de ciencias" y "centros de ciencias" serán entendidos como sinónimos, varios autores entre ellos Duensing (2005), Beyer (2003) y Sabbatini (2003) describen las mismas características para ambos conceptos y los utilizan indistintamente.

²¹ Las exposiciones interactivas se valen de equipo construidos *ex profeso* que exhiben un principio científico o tecnológico, estos equipos interactivos atraen a los visitantes a jugar o realizar una acción principalmente motora, para que descubran dicho principio por sí mismos (Sánchez-Mora M. C., 2009).

mundo natural, objetos y colecciones diversas que dan cuenta del quehacer y avance de la ciencia”, son generadores de una cultura científica en los visitantes.

Rodríguez (2005) define a los museos interactivos o centros de ciencia como “instituciones educativas que tienen como fin exponer mediante, sus exposiciones, dispositivos que pueden ser accionados o que permitan una interacción con la mayor cantidad de sentidos y habilidades cognitivas posibles, por parte de los educandos” (Rodríguez, 2005, p. 2). Los centros de ciencia, en particular, están más especializados temáticamente, pues su objetivo es demostrar o dar a conocer el acervo científico (métodos, teorías y leyes) y técnico de Occidente (Sabbatini, 2003).

En la Nueva Museología lo que interesa es transformar el enfoque tradicional desde el cual se exhibe actualmente y se permite el acceso a pocos grupos sociales. Dicho cambio vendría mediante un replanteamiento de la forma didáctica de presentar los temas a tratar en las exposiciones. Este replanteamiento propone una mayor cantidad de interacciones entre los visitantes y la exposición²², con el propósito de lograr situaciones de aprendizaje. Así, estas nuevas exposiciones llamadas “interactivas”, compuestas por objetos museográficos o juguetes, son diseñadas para tocar, oler, saltar, clasificar, ver, comparar, armar, participar, relacionar, plantearse hipótesis, experimentar, cuestionar entre otras actividades físicas y cognitivas que faciliten el aprendizaje, según los objetivos propuestos por la institución museística.

En la actualidad se habla de la 4.^a generación de museos de ciencias, los cuales ya no se centran en el conocimiento, sino en exhibir más que una colección de objetos, una colección de conceptos y efectos. La gran diferencia, según Reynoso

²² El término exposición designa a la vez el acto de presentación al público de ciertas cosas, los objetos expuestos y el lugar donde se lleva a cabo esta presentación. El término exposición se distingue parcialmente del término exhibición en la medida en que este último adquiere un sentido peyorativo. El sentido de la palabra exhibición se degrada en francés, para designar actividades de carácter netamente ostensible (exhibiciones deportivas) y también para referirse a manifestaciones de exhibicionismo obsceno, impúdico a los ojos de las sociedades en las cuales se desarrollan. A menudo, desde esta perspectiva, la crítica de arte se vuelve muy virulenta pues rechaza lo que, a su entender, no tiene nada que ver con una exposición y, tampoco con la actividad de un museo, ya que se ha convertido en un espectáculo reclutador de clientes, con características comerciales bien definidas (Desvalleés y Mairesse, 2010, p. 38)

et al. (2005), es que la 3.^a generación de museos de ciencias le proporciona al usuario una experiencia con un “final cerrado”, mientras que los de 4.^a generación ofrecen equipamientos con un final abierto”, brindando a los visitantes una experiencia inmersiva. Se enfatiza en estos museos la promoción de la creatividad y el desarrollo de habilidades, en lugar de la adquisición de conceptos. Este cambio de paradigma, como lo llama Belaën (2003), está acompañado de una evolución museográfica que se centra en la experiencia del visitante, en particular, en la técnica de inmersión, este nuevo género cultural ofrece al visitante “sumergirse” en el tema, experimentar el mensaje²³.

Nos centraremos en la propuesta de los museos de ciencias de 3.^a generación, en donde no hay “objetos intocables” y donde el término “interactividad” se convierte en la palabra clave. A estos museos se les ha nombrado como “museos de ciencias interactivos”. Las características que los distinguen, según Beetlestone *et al.* (1998), Rennie y McClafferty (1996), son:

- Propician la participación activa de los visitantes en y con la exposición.
- Muestran la aplicación de los conceptos de la ciencia en innovaciones tecnológicas recientes.
- Los visitantes motivados aprenden y comprenden la ciencia, por lo tanto, en una visita agradable y divertida, se logran aprendizajes de forma activa en los visitantes.

Rodríguez (2005) realiza una clasificación que permite hacer una comparación entre el museo tradicional y el museo interactivo o centro de ciencia, en función de las características que han cambiado, por ejemplo: el público al que se dirige la exposición, el tipo de colección, los temas, así como la forma de exhibirlos y la relación entre el visitante y la exposición (tabla 4).

²³ De acuerdo con Belaën (2005), las exposiciones de inmersión son aquéllas en las que se integra al visitante en la (re) construcción de un universo de referencia en relación con la temática. El universo de referencia se entiende como un universo que existe o ha existido (ya sea real o ficticio) e intenta reproducir la realidad de la forma más auténtica posible. Y el modo de representación de este universo de referencia es fundamental para el tipo de mediación que se pone en práctica en este tipo de exposiciones.

Tabla 4.
Características que diferencian a cada uno de los museos (tradicional e interactivo)

Característica del cambio	Museo tradicional	Museo interactivo y centro de ciencia (Nueva Museología)
Público al cual se dirige la exposición	Público con educación especializada para interpretar los objetos museales	Público común
Tipo de colección	Piezas únicas y piezas originales de gran valor patrimonial, por lo general aisladas de contexto	Son dispositivos de diversa índole, con las características de un juguete. Suelen ser réplicas.
Temas de exposición	Lo “culto” o de interés para la elite	Cualquier producción humana en sociedad es un tema de exposición. Interesa dar a conocer las culturas populares y también aspectos científicos de la cultura universal, específicamente en los centros de ciencia
Forma de exposición	Se enfoca el objeto, usualmente con texto o el mínimo posible. Se presenta una gran cantidad de objetos y se pueden repetir. Es necesario conocer códigos especializados para interpretar la colección	Se enfoca el contexto de los objetos por su uso y por el tema al que se refiere. No es necesario conocer códigos especializados para interpretarlos
Relación visitantes-colección	La tendencia es admirar y observar las colecciones con una actitud de respeto y silencio. Interesa que el visitante lea la exposición desde sus conocimientos especializados, pues sólo existe una forma correcta de interpretación	La tendencia es utilizar la mayor cantidad de habilidades físicas y cognitivas, con una actitud de sorpresa y juego. Interesa que el visitante se plantee hipótesis sobre lo que se observa; se plantee preguntas que no necesariamente se resolverán en la visita y que construya su propio criterio sobre el tema de exposición

Fuente: (Rodríguez, 2005)

Esta misma autora considera que un museo interactivo expone dispositivos que pueden ser accionados y que permiten una interacción de los visitantes con estos dispositivos, a través del uso de todos los sentidos y las habilidades cognitivas posibles de parte de los visitantes.

A continuación se plantearán algunas propuestas sobre la definición de “interactividad” en los museos de ciencias.

3. El debate de la “interactividad” en los museos de ciencias

Los museos de ciencias han evolucionado su misión, por una parte, por la emergencia del nuevo estatus de “espacio público de impacto social”, y en segundo lugar, porque sus exposiciones son vistas como propuestas culturales. Se considera a los museos y centros de ciencia como sitios idóneos para divulgar los resultados de la ciencia y la tecnología, pero poco se ha analizado su influencia social y mucho menos se ha reflexionado respecto a la forma en que han respondido a esta misión (Belaën, 2003). Es en este contexto que las exposiciones interactivas de los museos de ciencias de tercera generación tendrían que ser analizadas. Pero existen problemas de definición que han generado debates entre los profesionales de los museos de ciencias y que no se han resuelto respecto de la terminología usada, como las “exposiciones interactivas”, “interactividad”, las “experiencias interactivas” y “dispositivos interactivos” (Adams *et al.*, 2004).

Para lograr divulgar los resultados de la ciencia y la tecnología, los diversos centros y museos de ciencias se apoyan en mayor o menor medida en la “interacción” de los visitantes con los dispositivos contruidos *ex profeso*, a manera de una estrategia para atraer visitantes y operar la hipótesis de que a mayor participación y actividad del usuario, mayor satisfacción y aprendizaje. Así, estos centros contienen conjuntos de exposiciones “interactivas”, cada una de las cuales está diseñada para representar una idea, un fenómeno o un principio (Padilla, 2006).

El uso extensivo de los llamados componentes interactivos, donde los visitantes participan y se involucran (de forma personal, física, emocional) con los objetos exhibidos y donde también existe la posibilidad de divertirse y aprender a estas acciones en su conjunto, los profesionales de los museos le han llamado “experiencias interactivas” (Adams *et al.*, 2004).

Así, en la jerga museográfica se utilizan habitualmente los adjetivos “lúdica” e “interactiva” para caracterizar una exposición moderna, las cuales ponen en

escena equipos que “invitan al visitante a participar activamente con ellos”. Estos dispositivos se pueden clasificar, según Gasc (2008), en los de naturaleza manual y los de naturaleza informática; los primeros solicitan la participación a través de las acciones motrices o manuales de los visitantes. En cambio, los dispositivos de naturaleza informática, son aquéllos del tipo multimedia y son los que han ganado el apelativo de ser interactivos —con o sin razón, según se discutirá más adelante—.

Wagensberg (2000) describió a la interactividad como el protagonismo del experimento, es decir, el tipo de relación que debe favorecerse entre el visitante y lo que ofrece el museo de ciencias. Desde la perspectiva de este autor, existen diferentes grados de interactividad, por ejemplo la máxima interactividad se da cuando el usuario controla el mayor número posible de grados de libertad del fenómeno en cuestión, sin afectar, por otro lado, a la comprensión del fenómeno que se pretende mostrar. En cambio, la mínima interactividad se puede ejemplificar con la puesta en marcha de una experiencia de solución única, como apretar un botón; mientras que la máxima interactividad sería donde simultáneamente pueden ocurrir demasiados fenómenos entre los dispositivos y el (los) visitante (s). Aunque la clasificación propuesta por este mismo autor no señala si existe una relación que indique que a mayor grado de interactividad se propicie una experiencia de gran alcance (cognitiva, emocional), por ejemplo Beetlestone *et al.* (1998) proponen que en muchas de las mejores “interactividades” que llevan a cabo los visitantes en los centros y museos de ciencias, la acción está completamente en su “cabeza”, y no es necesario el compromiso físico (interactividad física) con el dispositivo.

Para McLean (2005) la interactividad forma parte de lo que los profesionales de los museos de ciencias consideran como el pináculo de las mejores prácticas museográficas, y un supuesto subyacente de la eficacia que tienen los museos de ciencias como ambientes de aprendizaje informal. Este supuesto implica que para que una exposición proporcione aprendizajes y experiencias de gran alcance en los visitantes, ésta debe ser interactiva.

Castro (2005) señala que el poder educativo de los museos y los centros de ciencia interactivos ha sido motivo de debate, porque los proyectos de cada institución museística han tenido que explicar y hacer evidente el aprendizaje, a partir de la relación sujeto-objeto y a la luz de las teorías constructivistas; considerando en todo momento que las exposiciones son un medio de comunicación a través del cual se transmiten conocimientos científicos. Pero, en muchos casos, en el proceso de mejoramiento de la propuesta educativa se asumen como verdades supuestas tales como la “interactividad” y el uso de “interactivos” en las exposiciones; pareciera muy intuitivo y poco sistemático este proceso, ya que en lo museográfico se usan criterios como “lo que pega” y “lo que gusta”, y en las actividades “cómo se sintió” y “si gustó”. No existen programas de evaluación sistemáticos que sustenten la toma de decisiones de la puesta en escena de las exposiciones (Rodríguez, 2005).

Algunos autores han dado algunas definiciones tanto sobre las exposiciones interactivas como sobre la “interactividad” en los museos de ciencias:

- Para Thier y Linn (1976) las *exposiciones interactivas* son aquéllas donde los visitantes pueden manipular, explorar variables y usar la evidencia obtenida para alcanzar una conclusión personal acerca del fenómeno que comenzaron a investigar.
- McLean (1993) considera que las *exposiciones interactivas* son aquéllas en las que los visitantes pueden llevar a cabo actividades, recoger evidencias, seleccionar opciones, formular conclusiones, poner a prueba sus habilidades y modificar una situación inicial.
- Por otro lado, Rennie y McClafferty (1996) y Screven (1974) plantean que la introducción de un *mecanismo de retroalimentación* dentro de una exposición invita al visitante a responder a una acción de la exposición y, en consecuencia, provoca respuestas de los visitantes; en otras palabras, estos mecanismos generan la participación activa de los visitantes, lo que equivale a hablar de “interactividad”.

Por lo tanto, podemos decir que las exposiciones de ciencia interactivas provocan la participación de los visitantes, y les permiten:

- Experimentar un concepto o un fenómeno real (Chabay, 1989).
- Tener control, interactuar y generar diferentes respuestas; es decir, se produce una retroalimentación (Rennie y McClafferty, 1996; Screven, 1974).
- Explorar, experimentar y poner a prueba su comprensión cuando los usuarios intentan “hacer trabajar” a los dispositivos de la exposición (McLean, 1993).

Por lo anterior, es necesario que en la puesta en escena de las exposiciones de ciencia interactivas se analicen aspectos importantes, como el tipo de información que se expone para el logro de los aprendizajes, así como la manera de comunicar la ciencia y, sobre todo, el tipo de respuesta (emocional, física y mental) que se quiere lograr en los visitantes.

Recapitulando, en la museografía los términos interactivo e interactividad se usan indistintamente para describir tanto a las exposiciones como a los centros y museos de ciencias. Existe mucho debate entre los profesionales de los museos respecto al significado de interactividad, término utilizado para describir las experiencias dinámicas en los museos de ciencias y que se ha entendido como: “participativo”, “reactivo”, o “*hands-on/minds on*”, “*hearts on*”, términos que hacen referencia a la característica que presentan los dispositivos que invitan a la participación física de los visitantes, pero que además requieren una respuesta del visitante, más allá del propio contacto físico (Adams *et al.*, 2004).

Sánchez-Mora (2009b) plantea que la interactividad manual se ha convertido en una meta a alcanzar en los dispositivos interactivos, más que en un medio para comunicar una idea; asimismo, señala que se ha dejado de lado la interactividad mental y el involucramiento emocional. E incluso con el uso de interactivos no se asegura siempre la comprensión ni la generación de interés por la ciencia, ya que

aunque los dispositivos son útiles para mostrar ciertos fenómenos o conceptos, no lo son para exhibir el contexto de la ciencia ni su naturaleza.

Por lo tanto, el problema con estos descriptores (participativo, reactivo, *hands-on*, interactividad) es que no son adecuados para el propósito que se busca en los visitantes, que es provocar que éstos lleven a cabo actividades en las que seleccionen opciones, reúnan evidencias, formen conclusiones, pongan a prueba sus habilidades y aporten nuevas acciones a la exposición. Adams *et al.* (2004) comentan que los profesionales de los museos consideran que usar el término “interactivo” no ayuda mucho a describir este tipo de experiencias y que, más bien, de lo que se trata es de definir en qué consiste una experiencia interactiva. Estas mismas autoras argumentan que el papel que juegan las experiencias interactivas en los museos se entiende mejor si se observan los procesos de aprendizaje de los visitantes en función de 1) la claridad de los propósitos de la exposición, así como los supuestos en los que se basa una exposición interactiva, 2) los factores del diseño de las exposiciones y 3) el compromiso social de los museos en el aprendizaje.

Además no sólo bastaría con definir en qué consiste una experiencia interactiva en el proceso de aprendizaje, sino también conocer lo que propicia, pues podría verse a la interactividad como una estrategia para lograr y generar no sólo aprendizajes en los visitantes, sino valores y actitudes hacia la ciencia.

Sin embargo, como propone Sánchez-Mora (2009b), la interactividad en las exposiciones tiene que ser evaluada, con la finalidad de determinar si se ha llegado al límite como un recurso para comunicar la ciencia. Ya que si a ésta se la considera como parte de la cultura, y al público como ciudadanos con quienes se entabla un diálogo, entonces habrá que explorar los medios de comunicación más adecuados que permitan promover el debate y las diversas formas de comunicación entre los visitantes y lo que ofrece el museo de ciencia. Con lo anterior será posible analizar la influencia social y reflexionar respecto a la forma en que los museos de ciencias responden a esta misión.

4. La experiencia de los visitantes en el museo de ciencias y el aprendizaje.

La investigación que se ha llevado a cabo para estudiar las experiencias que viven los visitantes en el museo de ciencia está relacionada con los aprendizajes de los visitantes. En los ambientes de aprendizaje informal, como los museos de arte y ciencia, se ha investigado desde diferentes perspectivas teóricas sobre cómo se da el proceso de aprendizaje. Una de ellas, da importancia a la actividad del aprendiz dentro de un sistema de relaciones sociales: la Teoría sociocultural, propuesta por Vygotsky; la otra visión es la Teoría del constructivismo, la cual concibe en gran medida a este proceso de aprendizaje como relativamente aislado y determinado por la actividad individual en relación con el entorno. Otra teoría desde la cual se ha investigado el aprendizaje de los visitantes es la Teoría de la actividad; Martin y Toon (2003) discuten que los dispositivos contruidos *ex profeso* para manipular y explorar un fenómeno emplean muchas formas para la elucidación del pensamiento abstracto, es el caso de las metáforas y las simulaciones. Estos dispositivos son atractivos, pero a la vez complejos en su manipulación, y al parecer no es suficiente para los visitantes manipular las exposiciones para extraer el sentido y la propuesta conceptual del dispositivo, sino que el discurso interpretativo, así como las acciones de otros visitantes con los que interactúan también con el dispositivo median la experiencia, permitiéndole al visitante generar significados diferentes de la participación activa con los dispositivos. Lo que los visitantes se “llevan” de una exposición depende de su actividad individual o colectiva, de esta forma la Teoría de la actividad intenta dar cuenta de las acciones, las herramientas, el discurso y la intención de los visitantes, así como del diseño de estos dispositivos.

McLean (2005) considera que la finalidad de las investigaciones sobre las experiencias de aprendizaje que viven los visitantes es poder dar respuesta a las siguientes interrogantes: ¿cómo aprenden las personas en ambientes multisensoriales?, ¿cuál es la importancia del conocimiento previo?, ¿qué relación hay entre afecto, cognición y conducta? Por su cuenta, Ansbacher (1998)

considera que las cuestiones fundamentales referentes a las experiencias de aprendizaje en los museos son aquéllas que plantean si es posible desarrollar una teoría del aprendizaje en los museos, y sobre todo conocer a través de la investigación, ¿cómo evaluar la efectividad de una exposición, y en función de qué?, ¿cuál es la diferencia entre educación y entretenimiento?, ¿qué clase de experiencia se busca que tengan los visitantes con la exposición?

Para contestar estas interrogantes, este mismo autor propone analizar la experiencia que viven los visitantes en el museo desde el enfoque de la filosofía educativa de Dewey, quien en su obra “experiencia y educación” (1938) estableció que “toda educación genuina se produce a través de la experiencia” (Ansbacher, 1998, p.38) —esto no significa que todas las experiencias sean genuinas e igualmente educativas, sino que depende de la calidad de la experiencia—. Ansbacher (1998) considera que la aplicación del enfoque de la experiencia en los museos se puede entender de dos formas:

1. El visitante interactúa con la exposición y tiene una experiencia.
2. El visitante asimila la experiencia de modo que las experiencias posteriores se ven afectadas.

De acuerdo con lo anterior, el aprendizaje de los visitantes es el resultado duradero de la combinación de lo que ocurre en la exposición y lo que el visitante hace como resultado de esa experiencia que vive en el museo. Desde este enfoque, el aprendizaje abarca aspectos cognitivos, psicomotores y afectivos.

Por lo anterior, “la interactividad” se entiende como una acción que realizan los visitantes con los dispositivos que los invitan a la participación activa, los provee de experiencia, la cual puede ser analizada a partir de la siguiente pregunta: ¿qué hacen las personas y qué sienten en una exposición? La respuesta es tan importante como indagar sobre lo que aprenden, además esto tiene implicaciones en la museografía, por ejemplo en el diseño de una exposición, sobre todo en exposiciones de carácter manual (interactividad manual).

Con la finalidad de evaluar la experiencia que viven los visitantes en los museos, Ansbacher (1998) retoma los criterios de **continuidad e interacción** propuesto por Dewey en 1938 que aplicados a los museos permiten establecer las bases para crear experiencias educativas. Este criterio hace referencia por un lado, a que cada experiencia personal está embebida en un continuo de experiencias, y éstas difieren entre cada individuo (continuidad). Por otro lado, una experiencia se da como una transacción que toma lugar entre una persona y lo que, a la vez, constituye su medio ambiente (aspectos físicos y personas que rodean al sujeto de la experiencia, con las que habla, se comunica y juega), a esto se refiere con interacción. Es, considerando estos criterios, que los museos deben desarrollar sus exposiciones.

Respecto al criterio de interacción podemos enriquecerlo con lo que Martin y Toon (2003) proponen, y es que no es suficiente manipular los objetos (dispositivos interactivos) para entender sus propiedades y relaciones. El verdadero razonamiento científico, según estos autores, se desarrolla a través de la actividad mediada por otros y a través de herramientas que representan las relaciones de los objetos de una forma abstracta, por ejemplo, a través de “obstáculos o impedimentos” a resolver y que son presentados a través de los dispositivos. Desde esta visión, Ansbacher (1998) plantea que los desarrolladores de una exposición, tienen que propiciar la participación del aprendiz en la formación de sus propósitos, los cuales dirigen su actividad en el proceso de aprendizaje.

Castro (2005) expone que la museografía se ha basado en teorías de la reestructuración del aprendizaje (principalmente de Piaget, Vygotsky, Ausubel, Dewey), las cuales sostienen que la construcción del conocimiento científico está influenciada, por un lado, por factores endógenos complejos como el pensamiento, los sentimientos, las emociones y pasiones, y, por el otro, por la acción; en la idea de que la interacción del visitante con otros visitantes y con el medio ambiente a través de la manipulación de objetos, le permite construir su propio conocimiento. Desde esta perspectiva, las teorías sobre el aprendizaje tienen un gran impacto en los fundamentos teóricos que sustentan el diseño de equipos en museos y centros

de ciencia interactivos. Sobre los diferentes enfoques teóricos en los museos y centros de ciencia, se puede concluir que el individuo es quien construye su propio conocimiento a través de la manipulación de:

- Dispositivos.
- La interacción con el medio ambiente y otros individuos en un contexto social.
- La confrontación de ideas previas con experiencias nuevas (asociación de ideas).

Como es evidente, a lo largo del desarrollo de estos capítulos han ido apareciendo diversas formas de entender la interacción y la interactividad. No puede hablarse de enfoques o teorías opuestas, o simplemente distintas, sino más bien de diferentes perspectivas, pero complementarias, en el análisis de la experiencia que viven los visitantes con el museo interactivo de ciencias.

A continuación se revisarán tres perspectivas diferentes de análisis sobre la interactividad en los museos de ciencias.

5. Evaluando la “interactividad” en los ambientes de aprendizaje informal

El planteamiento de la francesa Cecile Gasc (2008) es un intento interesante de describir lo que Adams (2004) llama “experiencias interactivas” en un museo de ciencia. Para ella el amplio consenso entre los profesionales de la museografía en torno a las nociones de juego e interactividad tiende a enmascarar la verdadera naturaleza de los diferentes procesos de comunicación (experiencias interactivas) que se dan a través del uso de los dispositivos museográficos (interactivos) que invitan a participar activamente a los visitantes; así, utiliza el término **manipulaciones** para referirse al proceso de comunicación que se da entre los visitantes y este tipo de dispositivos de naturaleza manual o interactiva, argumenta para ello que:

- El fundamento de la interactividad²⁴ en los museos de ciencias está en la relación que se establece entre las acciones del visitante y las respuestas enviadas por el dispositivo capaz de transmitir un nuevo contenido.

En este sentido, a la autora le parece necesario evaluar la acción o las acciones necesarias en la producción de la respuesta de los visitantes. De este modo, considera tres niveles de interactividad en función de las acciones del usuario con los dispositivos: 1) aquél que corresponde a una sola acción; 2) ése en donde se dan acciones múltiples; y 3) donde se dan acciones a reacciones en cadena, así como múltiples respuestas posibles. Las respuestas del dispositivo son diversas y van de ida y vuelta entre el usuario y la máquina, toda vez que se pueden multiplicar.

Al intentar evaluar y describir el nivel de interactividad de acuerdo con estos tres niveles, el conflicto que se tiene es la complejidad misma de las acciones manuales que llevan a cabo los visitantes, ya que dependen de muchos factores como 1) la naturaleza motriz de las actividades que realizan los usuarios (motricidad fina, destreza), 2) el número de acciones motoras a realizar para lograr el propósito establecido (una sola o varias acciones en conjunto), 3) la complejidad del objetivo cognitivo que se busca lograr en los visitantes, por ejemplo si sólo se trata de:

- La simple transmisión de información.
- Iniciar a los visitantes en la construcción cognitiva (a través de la comparación, el análisis, la resolución de problemas y el razonamiento por inducción).
- Generar una construcción cognitiva a través del razonamiento, haciendo significativo el aprendizaje.

Por último, también es importante 4) la presencia o ausencia de prerequisites, es decir, los conocimientos previos y experiencia que el visitante trae consigo y que el

²⁴ “La interactividad es una categoría de la comunicación, es decir, un modo singular de comunicación entre dos subjetividades y obedece a determinados medios de comunicación” (Weissberg, 2000). “Una situación será considerada como interactiva si podemos atribuir un componente interactivo a ésta o la utilización de un sistema técnico (tecnológico), es decir, cuando lo que sustenta a esta situación y los actores son indisolubles y cooperan del acto de enunciación del discurso” (Mabillet, 2000, p. 25).

dispositivo demanda para el éxito de la acción. Todos estos factores se resumen en la siguiente tabla propuesta por Gasc (2008).

Tabla 5.
Factores y grados de dificultad que definen la complejidad de una manipulación

Los factores que definen la complejidad de una manipulación	Grados de dificultad
Naturaleza de la actividad	Demanda de acciones simples
	Necesita destrezas y habilidades
Número de acciones para producir un resultado	Débil: 1 acción
	Medio: 2-3 acciones
	Elevado: más de 3 acciones
Complejidad del objetivo cognitivo	Grado 1: transmisión simple de un contenido
	Grado 2: razonamiento subyacente explícito
	Grado 3: razonamiento subyacente implícito
Naturaleza de los prerrequisitos	Grado 1: ningún requisito previo
	Grado 2: saber-hacer (<i>savoir-faire</i>) o conocer
	Grado 3: saber hacer y conocer

Fuente: (Gasc, 2008)

De acuerdo con esta autora la finalidad de la clasificación en niveles de interactividad está en función de las acciones que realizan los visitantes sobre los dispositivos; en otras palabras, con el papel que juegan las **manipulaciones** en el aprendizaje de los visitantes.

El museo, en tanto creación occidental, ha sido concebido como una institución educativa desde sus orígenes²⁵, en particular, los museos de ciencias o centros de ciencia enmarcados en la Nueva Museología han transformado su enfoque didáctico mediante un replanteamiento en la forma de abordar los temas (Rodríguez, 2005). Así, las “experiencias interactivas” —como las llama Adams (2004)— o las manipulaciones —como las nombra Gasc (2008)— son diseñadas

²⁵ Los primeros museos aparecieron en el Siglo XV y su fin fue albergar colecciones de obras de arte y objetos de valor. Estas colecciones, pertenecientes a monarcas y nobles, se instalaron en galeras privadas (Reynoso *et al.*, 2005).

para generar en los visitantes diversos tipos de actividades físicas, emocionales y cognitivas que faciliten el proceso de aprendizaje, según los objetivos propuestos por el museo. Por lo tanto, las experiencias de aprendizaje anteriormente analizadas constituyen —desde mi punto de vista— parte del universo de las experiencias interactivas que viven los visitantes en el museo de ciencias.

No obstante, Anderson *et al.* (2003) consideran que el carácter altamente estimulante, divertido y novedoso que suele asignarse a estos ambientes de aprendizaje²⁶ informal no es garantía de que los visitantes aprendan conceptos científicos y sus aplicaciones, por lo tanto la pregunta inmediata es saber si los visitantes aprenden o no “en” o “desde” un museo de ciencias. Para estos mismos autores, el problema es que la mayor parte de la investigación desarrollada sobre aprendizajes en contextos informales ha sido descriptiva y carente de una base teórica. Las definiciones explícitas acerca de lo que significa aprender han estado normalmente ausentes en la mayor parte de la literatura publicada durante los últimos veinte años sobre aprendizaje en museos y lugares similares. Dichos autores proponen guiarse a través del modelo constructivista-contextual del aprendizaje, para poder reconocer normalmente aspectos considerados importantes en la visita a un museo, tal es el caso de:

- El conocimiento previo de los individuos.
- El compromiso y el papel activo que tienen las personas en su aprendizaje.
- Los procesos de interpretación de la información.
- El papel de la interacción social en el aprendizaje.

²⁶ Los ambientes de aprendizaje no se circunscriben a la educación formal, ni tampoco a una modalidad educativa particular, se trata de aquellos espacios en donde se crean las condiciones para que el individuo se apropie de nuevos conocimientos, de nuevas experiencias, de nuevos elementos que le generen procesos de análisis, reflexión y apropiación (Avila y Bosco, 2001). Desde esta mirada, los museos de ciencias son espacios estructurados en donde se entrelazan factores existentes que parecen tener una importancia especial: las ideas previas de los visitantes, las características de la exhibición, la preparación y realización de la visita y la interacción social, que en el caso de los más jóvenes se traduce en el diálogo con los demás y especialmente con los adultos (familiares, profesores, monitores, etc.), todos estos elementos constituyen un ambiente apropiado para el aprendizaje de la ciencia, en los que se unen el rigor científico y la transmisión de conocimientos con el placer del descubrimiento, la comprensión de fenómenos, la sorpresa y la fascinación (Cuesta *et al.*, 2000)

- La naturaleza del aprendizaje como proceso de cambio, el contexto conceptual, etc.

El modelo contextual de aprendizaje propuesto por Falk y Dierking (2000) sugiere que el aprendizaje está influenciado por tres contextos que interactúan entre sí: el personal, el sociocultural y el físico (figura 3). Así el aprendizaje entendido como un diálogo entre el individuo y su entorno a través del tiempo puede ser conceptualizado contextualmente como un esfuerzo dirigido para dar sentido al fin de sobrevivir y prosperar en el mundo. Entendiendo el diálogo como un proceso y a la vez un producto de las interacciones entre un individuo y su contexto personal, sociocultural y físico; cabe recordar que los contextos están en continuo cambio (Falk y Dierking, 2000).

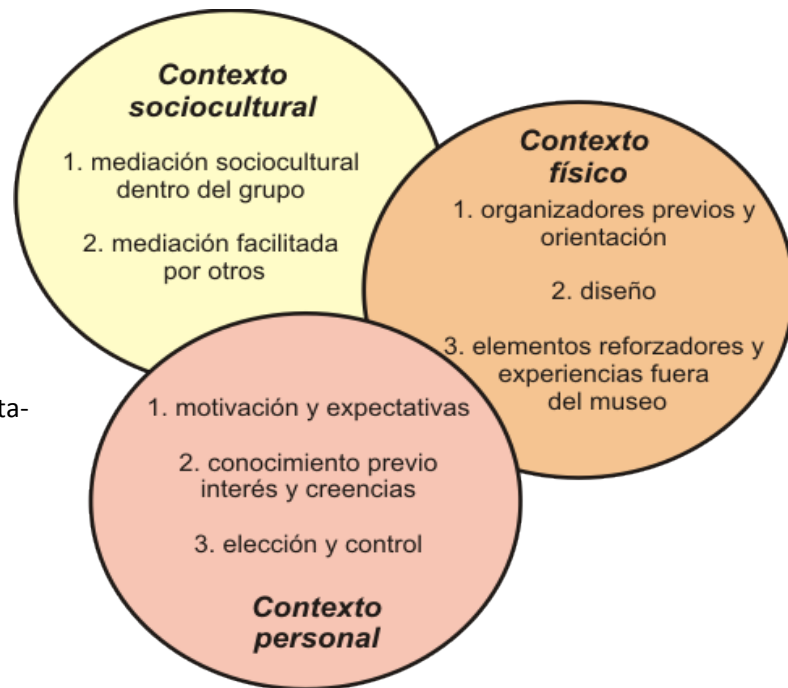


Figura 3. Modelo constructivista-contextual del aprendizaje, propuesto por Falk y Dierking (2000).

Gasc (2008) no considera al modelo contextual del aprendizaje, pero propone el aprendizaje por experimentación²⁷, el cual es característico de los ambientes

²⁷ Factores como la creatividad, el entretenimiento, la concentración, la motricidad fina y otros procesos del pensamiento, intervienen en la experimentación y contribuyen con el desarrollo y perfeccionamiento de habilidades y destrezas en el aprendizaje de la ciencia. Todas las actividades que demanden la experimentación manual, o en general la estimulación sensorial, facilitan el aprendizaje, la reconceptualización de lo que se está haciendo y de la experiencia acumulada y reflexionada (Del Carmen, 1997).

informales, y se encuentra en el núcleo pedagógico de los dispositivos que invitan a participar activamente a los visitantes; los recursos a los que se apela en el proceso en el que se dan estas manipulaciones son cuatro, éstos son:

- La motricidad de los visitantes, porque a través de ésta los visitantes descubren los dispositivos por sus movimientos, y se producen una o varias acciones que se materializan en sus juegos, en donde se relacionan las actividades personales e intuitivas, así como las consecuencias de las acciones de los visitantes.
- Los sentidos, entre los más solicitados está el de la vista y el del tacto; otras manipulaciones atraen la atención sobre la observación.
- La construcción cognitiva que se demanda a los visitantes por parte de los dispositivos es de varios niveles; por ejemplo, se pueden distinguir las manipulaciones que sólo suponen la acción elemental del tipo cognitivo pregunta-respuesta (muestra de ello es el movimiento de un móvil que plantea una pregunta y se lee la respuesta) de las manipulaciones que simulan realmente la reflexión e incitan a los visitantes a analizar por comparación para resolver problemas, o incluso se hace necesario el razonamiento por inducción.
- La imaginación que se desarrolla a través de las simulaciones permite a los visitantes aprender una situación nueva, poniéndose en el lugar de otra persona (rol).

El papel que atribuye esta misma autora a las manipulaciones es primordial, porque privilegian la comunicación, pero al mismo tiempo su evaluación es compleja, ya que las manipulaciones están representadas en unidades de exposiciones diversas, heterogéneas y cuya naturaleza es propia de las características que cada una de ellas presenta. La eficacia comunicacional de las manipulaciones dependerá entonces de los factores siguientes:

- El tipo de mensajes que se quiere transmitir (simples o, por el contrario, de una complejidad excesiva).
- La actividad que una manipulación genera en los visitantes no debe considerarse como un fin en sí mismo, sino como un medio o una herramienta de comunicación. Esta herramienta debe facilitar o mejorar el logro de los objetivos comunicacionales elegidos por el diseñador.
- El contexto en el que se encuentran los visitantes. Por un lado, una manipulación tiende a generar formas de socialización visitante-visitante, o visitante-familia.

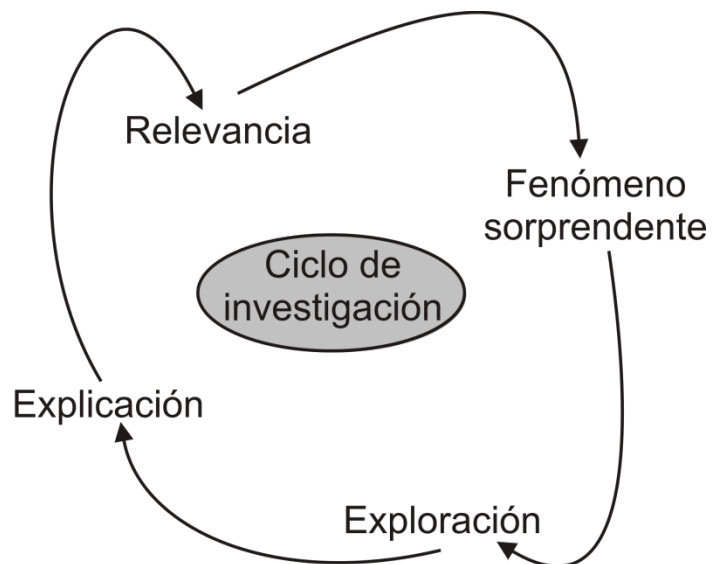
Falk y Dierking (2000) destacan dos características pedagógicas que deben mantener los museos interactivos: por un lado, el poder de elección del visitante y, por el otro, la libertad de conducirse por el espacio del museo, siguiendo su propio interés. Estos autores afirman que ese interés funciona como el filtro cerebral del foco de atención y, por lo tanto, facilita la persistencia en una tarea, la continua curiosidad por explorar aquello que se desea conocer, comportamiento que facilita el aprendizaje. La segunda característica consiste en el hecho de que esas interacciones orientadas pedagógicamente por la museografía se deben provocar en un contexto de emociones agradables (tales como la sorpresa ante lo desconocido, el humor, el juego) y en un ambiente diseñado para ser atractivo y agradable.

Recapitulando, Gasc (2008) considera “las manipulaciones” como un proceso individual que realizan los visitantes a través de los dispositivos que invitan a la participación activa, Adams *et al.* (2004) considera que las “experiencias interactivas” constituyen un universo más amplio en el que hay que considerar tres elementos: 1) la claridad de los propósitos de la exposición, así como los supuestos en los que se basa una exposición interactiva, 2) los factores del diseño de las exposiciones, y 3) el compromiso social de los museos en el aprendizaje. Por lo anterior, podríamos incluir las “manipulaciones” formando parte de las “experiencias interactivas” propuestas por Adams *et al.* (2004).

Para Allen (2004), el Exploratorium ha sido una de las primeras instituciones en diseñar y construir exposiciones “*hands-on*”, basadas en lo que se ha convertido en el “modelo estándar” de aprendizaje de los museos de ciencias. Este modelo educativo puso énfasis en dar a los visitantes una experiencia directa con los fenómenos naturales, físicos y tecnológicos, en el supuesto de que les permitiría consolidar la confianza y las habilidades para entender el mundo.

Este enfoque propuesto en sus inicios por el Exploratorium fue compatible con el de John Dewey. Así, se centra en el papel que juega la experiencia directa con el fenómeno, por lo que al presentarle al visitante una experiencia problemática ésta podría conducirlo a una investigación genuina. Una exposición basada en el “modelo estándar” de aprendizaje (ver figura 4) lleva a los visitantes a un ciclo de investigación el cual inicia con el dispositivo en exposición, éste muestra un **fenómeno sorprendente** que pone a prueba los conocimientos previos de los visitantes; éstos **exploran** el dispositivo con la finalidad de dar explicación a dicho fenómeno, y a su vez la información de la cédula del dispositivo ayuda al visitante a entender el fenómeno presentado a través de la **explicación** de los principios y conceptos subyacentes del fenómeno expuesto. Cuando la información mostrada permite que se establezca una conexión con una experiencia cotidiana se produce la **relevancia**; así, los visitantes construyen un aprendizaje significativo que les permite poder entender otro fenómeno relacionado con el expuesto en la exposición.

Figura 4. El “modelo estándar” de aprendizaje del *Exploratorium* “*the museum of science art and perceptions*” describe el ciclo de investigación que siguen los visitantes en el museo.



Este modelo también es compatible con la noción piagetiana del desequilibrio como un conductor del aprendizaje a través del cambio de esquemas de conocimiento existentes (conocimiento previo). Adams *et al.* (2004) consideran que la aplicación de este modelo en conjunción con algunas estrategias como enfatizar aspectos de la ciencia de manera fácil y placentera, evitar la memorización, no forzar el razonamiento, así como el incitar la curiosidad en este ciclo de investigación, han permitido que los visitantes aprendan ciencia mientras eligen libremente sus acciones en los museo de ciencia.

Adams *et al.* (2004), Allen (2004), McLean (2005) y Gasc (2008), cada uno de estos autores por su parte, han puesto de manifiesto, la complejidad asociada a los términos que hacen referencia a “interactividad”, “exposiciones interactivas”, “museos y centros de ciencia interactivos”, “manipulaciones”, “dispositivos que invitan a participar activamente a los visitantes”. Es necesario que todas estas nociones que han emergido en la museografía sean puestas en la agenda de un programa de investigación y evaluación para el diseño de exposiciones en los museos de ciencias, en donde se dé la intersección de la academia y la comunidad museográfica participante, es decir, la investigación y la práctica, como lo consideran Allen (2004) y McLean (2005).

También es necesario que se pongan a consideración de ser investigados temas como la naturaleza del aprendizaje en ambientes informales, el valor inherente de los museos, la eficacia, el impacto en el comportamiento y sus efectos a largo plazo en los visitantes, como también las interacciones sociales que se fomentan, además de muchos supuestos con los que se ha trabajado en estos ambientes y que no se han puesto a prueba.

Por su parte, Allen (2004) pone en la mesa de discusión cuatro aspectos de los ambientes de aprendizaje “*hands-on*” (figura 5), los cuales han emergido de la investigación en Exploratorium y otras instituciones. Esta misma autora considera que la investigación acoplada a un programa de investigación del aprendizaje en los museos se debe enfocar en los detalles de estas cuatro características, ya que a partir de este modelo es como se puede explicar el papel activo de los visitantes

como aprendices, en el que experimentan, hipotetizan, interpretan y formulan sus propias conclusiones a través de la participación con los dispositivos. Estos cuatros aspectos son:

1. Aprehensión inmediata.
2. Interactividad física.
3. Coherencia conceptual.
4. Diversidad de los modos de aprendizaje.

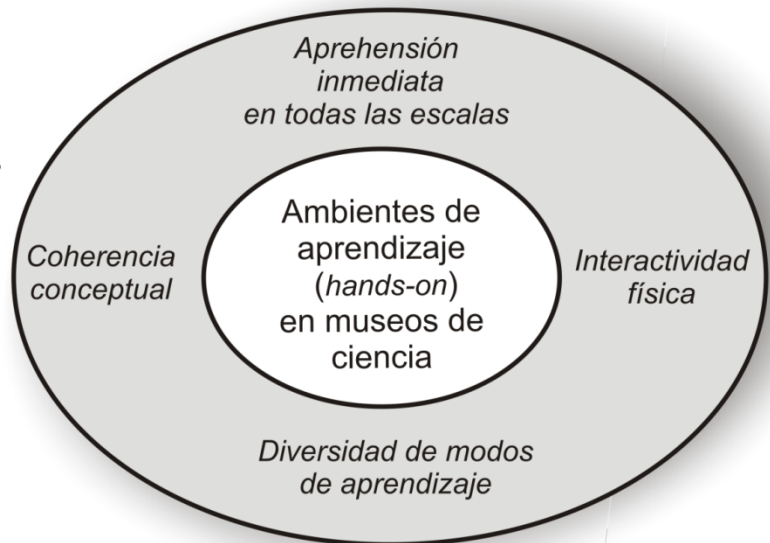


Figura 5. Características de un enfoque integrado para un programa de investigación y evaluación para el diseño de exposiciones en los museos de ciencias.

La aprehensión inmediata es la cualidad de un estímulo o un entorno en el que, al estar en contacto por primera vez, los visitantes puedan entender de forma inmediata la propuesta, el ámbito y las propiedades que presenta dicho entorno. Factores como la carga cognitiva de las exposiciones, el conocimiento previo de los visitantes, las “*affordances*”²⁸, los esquemas con contenido cognitivo (“*over-*

²⁸ La noción de “*affordances*”, discutida anteriormente en HCI, se retoma ahora en el contexto del diseño centrado en el usuario (enmarcado en las exposiciones museísticas) y es aplicada para referirse a las propiedades directamente perceptibles de los objetos que determinan cómo pueden ser usados; así, cuando las *affordances* son aprovechadas, los visitantes en el museo saben qué hacer con sólo mirarlas: no se requieren imágenes ni cédulas ni instrucciones (Allen, 2004). En el caso de la puerta, la jaladera de la puerta es la interfaz (superficie de contacto entre dos entidades, en HCI estas entidades son la persona y la computadora) entre la puerta y la persona. El volante, el acelerador y otros instrumentos y herramientas son la interfaz entre un coche y el conductor. Es muy importante darse cuenta en un primer nivel de que la interfaz refleja las cualidades físicas de las dos partes de la interacción. La manija está hecha de un material sólido y está bien pegada a la puerta, la cual por otra parte, como tiene que interaccionar con la mano, esta puesta a la altura de ésta, y tiene la forma que se le adapta. Esta es una idea muy importante en el diseño que puede concretarse en dos conceptos: 1) visibilidad: para poder realizar una acción sobre un objeto ha de ser visible, y 2) comprensión intuitiva, o propiedad de ser evidente la parte del objeto sobre la que hemos de realizar la acción y cómo hacerlo. Este principio se conoce como *affordance* (Lorés, 2002).

arching”), así como el diseño centrado en el usuario, juegan un papel importante en la aprehensión inmediata del visitante con el dispositivo de exposición.

Ya en 1996, Rennie y McClafferty habían discutido sobre la manera en la que se genera un estado de flujo (de experiencia) en el que inicialmente la curiosidad y el interés de los visitantes, hacen que éstos participen motivados intrínseca y plenamente con la mente y el cuerpo en una actividad. Así, todos estos factores relacionados entre sí (curiosidad e interés) permiten que los visitantes logren una aprehensión inmediata. Generalmente, el desafío que promueve una exposición, permite que los visitantes relacionen sus habilidades en la solución de un conjunto muy claro de objetivos y reglas, en tiempo y contexto óptimo. De este modo, la aprehensión inmediata puede ser una cualidad particularmente importante para las primeras etapas del desarrollo de una experiencia, porque disminuye los estímulos de distracción y ayuda a poner a los visitantes dentro de un marco desde el cual puede ser potenciada su curiosidad (Allen, 2004).

Análogo a la noción de “aprehensión inmediata”, en 1992 Perry ya había propuesto la noción de “motivación intrínseca”. Esta autora argumenta que las personas visitan un museo porque están motivadas intrínsecamente, y si es posible determinar las características de la motivación intrínseca de los visitantes (experiencia de la cual disfrutan y por esa misma razón regresan), entonces se pueden incorporar concisa y selectivamente algunas de ellas al diseño de exposiciones. Perry trabajó durante dos años en el Children’s Museum de Indianápolis, modificando una exposición para incorporar los siete componentes propuestos por Malone y Lepper (1987), en su trabajo titulado “*Making learning fun: A taxonomy of intrinsic Motivations for learning*”. A través de entrevistas y de la observación del uso de la exposición realizada por los visitantes, identificó tres tipos de interacciones: sociales, con artefactos y de aprendizaje. Con entrevistas a los visitantes, posteriores a la visita, midió la afectividad y lo cognitivo. Y reestructuró el modelo identificando seis componentes de la experiencia intrínseca del visitante:

- **Curiosidad:** se sorprende e intriga.
- **Confianza:** tiene un sentido de competencia por el suceso experimentado.
- **Cambio:** percibe que hay algo en qué trabajar.
- **Control:** tiene un sentido de determinación por sí mismo.
- **Juego:** disfruta de las experiencias sensoriales a través del juego.
- **Comunicación:** se involucra significativamente en la interacción social.

La interactividad física, entendida como la capacidad de una exposición para responder a las acciones de los visitantes, y considerada como una característica fundamental de los museos de ciencias, es desde la perspectiva constructivista, “... la parte del aprendizaje de la ciencia que implica el acceso del aprendiz a los fenómenos clave del mundo natural”. Al respecto, Allen (2004) considera que la interactividad física promueve la participación, la comprensión y el recuerdo. Esta misma autora pone a consideración estos supuestos sobre la interactividad física, al exponer los resultados de un estudio que se hizo en una exposición con diferentes versiones de interactividad, donde encontró lo siguiente:

- Los visitantes se quedaron más tiempo, evaluaron la exposición como más agradable, y fueron capaces de reconstruir los detalles más relevantes de su experiencia en las versiones interactivas, pero no hubo diferencias significativas entre las experiencias de los visitantes que utilizaron el nivel más interactivo de aquéllos que utilizaron el menos interactivo.²⁹

Al respecto, Allen y Gutwill (2004) han identificado cinco dificultades comunes que devienen al momento de diseñar las exposiciones con altos niveles de interactividad, es decir que presentan múltiples elementos en su manipulación. Estas dificultades son: (1) múltiples opciones igualmente llamativas para elegir en un dispositivo pueden abrumar a los visitantes; (2) múltiples usuarios en actividad

²⁹ Se crearon en el Exploratorium tres versiones de una exposición que utilizaba un microscopio que proyectaba una imagen en una pantalla: en la versión más interactiva existía la posibilidad de hacer cambios en la iluminación, en el enfoque y en la platina del microscopio, mientras que en la menos interactiva sólo se podían realizar cambios en la iluminación y en el enfoque, ambas utilizaban organismos vivos. La versión no interactiva utilizaba un video de grabado.

simultánea con el dispositivo pueden dar lugar a la interrupción de la actividad; (3) por el contrario, un sólo usuario del dispositivo puede también interrumpir el fenómeno que está siendo mostrado; (4) las características interactivas pueden hacer a un fenómeno extremadamente difícil de descubrir; y (5) las características secundarias en los dispositivos, pueden desplazar la atención de los visitantes de las características primarias. Por lo tanto, “más no es necesariamente mejor”.

Del mismo modo, Rennie y McClafferty (1997) pusieron de manifiesto que la interacción con las exposiciones fue una consideración fundamental para el desarrollo del museo Exploratorium. Es claro que este tipo de interacciones con los dispositivos promovió la participación activa de los visitantes. Aunque muchas de las exposiciones de ese museo en la época de los 90 no eran del tipo “*hands-on*”, pero incluso así promovían la participación activa de los visitantes.

Allen (2004) considera que el Exploratorium y otras instituciones museográficas fomentan el modelo original de exposición interactiva, ello a través de la investigación de formas alternativas para crear exposiciones en las que se promueva una “participación activa prolongada”; es decir, exposiciones donde se dé la combinación del acceso al fenómeno, pero con la posibilidad de profundizar en la experiencia cognitiva, y en donde se promuevan “preguntas dirigidas” con carácter práctico y prospectivo que les permita a los visitantes explorar por sí mismos otras posibilidades, es decir, no mostrar el conocimiento acabado. Por lo que el diseño de las exposiciones interactivas tiene que favorecer el proceso de investigación científica en los visitantes, más que el contenido científico que muestren.

La coherencia conceptual, por su parte, tiene que ver con la forma de comunicar los conceptos, los temas y la manera de presentar modelos abstractos de la ciencia en las exposiciones. Para Allen (2004) esto es un idealismo, ya que se ha demostrado que la mayoría de los visitantes no reconocen plenamente los temas científicos que se presentan en una exposición, especialmente si son abstractos más que fenomenológicos. Esta autora argumenta que los visitantes no infieren fácilmente los conceptos, al parecer porque muchos han sido ampliamente

enfanzados tanto en la educación formal, en la literatura popular y en los museos de ciencias natural. De lo anterior se desprende la dificultad del cambio conceptual en los visitantes, dado que en lugar de aceptar nuevas ideas prefieren agregar nuevos datos e información a los esquemas conceptuales que ya tienen.

Por último —y no menos importante— **la diversidad de formas de aprendizaje**³⁰. Al respecto, los museos han intentado abarcar una mayor diversidad de experiencias de aprendizaje, sustentados en diferentes teorías que subyacen en el diseño de exposiciones que incorporan una amplia diversidad de enfoques y modalidades sensoriales, y proporcionan más formas en las que los visitantes llevan a cabo conexiones entre la cotidianeidad y el material científico que en éstas se les presenta. Así mismo, se han construido exposiciones en las cuales se han materializado los diferentes niveles de inteligencias sugeridas por Gardner en 1993³¹; además, la interacción de los visitantes con estas exposiciones ha permitido el desarrollo de experiencias de aprendizaje en modos múltiples. El punto de vista piagetiano sobre el aprendizaje como una interacción entre el aprendiz y el entorno ha influenciado el desarrollo de las “exposiciones participativas”, como las nombran Rennie y McClafferty (1999), quienes consideran que para que una exposición sea exitosa se requieren dos condiciones: 1) que los visitantes disfruten por sí mismos y 2) que aprendan algo.

³⁰ Las formas o estilos de aprendizaje, se definen como "la combinación de las características cognitivas, afectivas y fisiológicas que sirven como indicadores relativamente estables de cómo un aprendiz percibe, interactúa con y responde al ambiente de aprendizaje. Se incluye en esta definición global de "estilos cognitivos", a los patrones de procesamiento de información intrínsecos que representan el modo típico de una persona de percibir, pensar, recordar, y de resolver problemas" (Griggs, 1991, p. 7).

³¹ Para este autor, una inteligencia es la "capacidad de resolver problemas o de crear productos que sean valiosos en uno o más ambientes culturales". Lo sustancial de su teoría consiste en reconocer la existencia de ocho inteligencias diferentes e independientes, que pueden interactuar y potenciarse recíprocamente (Luca, (S/F).

6. “Interactividad”, un término trasladado desde la Interacción Humano-Computadora (HCI) al campo de los museos de ciencias

Otro punto importante a discutir en este capítulo, y que no es posible dejar de lado, es la asociación del término “interactividad” con el uso de las computadoras en las exposiciones “interactivas”, Adams *et al.* (2004) discutieron sobre el supuesto —ampliamente aceptado en la museografía desde hace 15 años— de que las computadoras son componentes necesarios en las exposiciones y que además generan una experiencia interactiva. En los museos de ciencias, el uso de computadoras es visto como el medio para exhibir información al visitante. Sin embargo, estas mismas autoras plantean que no es la mejor forma de presentar la información, y cuestionan el supuesto de que los visitantes aprenden mejor con este formato.

Por su parte, Gasc (2008) cuestionó también el traslado del término “interactividad” y la aplicación de los principios de la interactividad de naturaleza informática al dominio de los dispositivos que invitan a la participación de los visitantes en los museos de ciencias; como lo expresa McLean (2005), mucho antes de que internet abrazara la interactividad como una manera en que los usuarios se involucraran participativamente con el mundo, los museos de ciencias ya habían codificado el concepto como el pináculo de las mejores prácticas en los entornos de aprendizaje informal; entonces, ¿por qué el auge de la “interactividad” en los museos de ciencias?, ¿se trata de una amalgama de nociones desde dos disciplinas ligadas a la moda? Para Gasc (2008), el uso de este término se ha convertido en algo enigmático, casi esotérico, dentro de la museografía.

A simple vista, una exposición “interactiva” en un museo de ciencia parece una muy atractiva alternativa educativa, en donde los objetos de exposición “*hands-on*” que promueven la interactividad manual son novedosos, estimulantes, evidentemente ricos multisensorialmente y divertidos (con objetos museográficos o juguetes, diseñados para tocar, oler, saltar, clasificar, ver, comparar, armar.

participar, relacionar, plantearse hipótesis, experimentar, cuestionar, entre otras actividades físicas y cognitivas que faciliten el aprendizaje). Por su parte, el entorno informal provee incontables opciones personales de aprendizaje, “sin ningún maestro que obligue a los alumnos a aprender”, a hacer algo no atractivo, sin limitaciones curriculares y sin exámenes. Pero, contrario a lo que parece, los museos de ciencias son en realidad ambientes muy difíciles para propiciar el aprendizaje, precisamente por esos mismos atributos, pues sin restricciones los visitantes tienen la completa libertad de seguir sus intereses e impulsos, moviéndose a través del espacio público; esta última característica tiene grandes implicaciones para el aprendizaje que se da en el museo (Adams *et al.*, 2004).

La cualidad de búsqueda sin restricción total, así como el hecho de que las experiencias sean previamente diseñadas para que el visitante (con dispositivos en el museo) o el usuario (a través de las “*affordances*” de la computadora y/o accesorios) participen activamente de una experiencia, son características análogas respecto del campo museográfico y el de la HCI (interacción humano-computadora). Pero ambas nociones tienen propósitos de origen completamente diferentes.

Por lo anterior, la noción de interactividad que se revisó en los capítulos anteriores en el ámbito de la interacción humano-computadora (HCI), así como las Teorías de la Actividad y la Interactividad, podrían ser útiles en la investigación y evaluación del uso de las computadoras utilizadas como dispositivos mediadores de la experiencia interactiva en los museos y centros de ciencia, permitiendo poner a prueba los supuestos planteados a cerca de:

- Si la “interactividad” es un diálogo entre el usuario y los contenidos que se le presentan, esto es, uno que le permite realizar exploraciones “asociativas”, con la opción de manejar objetos virtuales y recorrer los contenidos al ritmo del usuario (Regil, 2006).
- Si este tipo de interactividad basada en el uso de las computadoras engendra la coparticipación y la colaboración en el compromiso y el

aprendizaje de los visitantes, es decir si propicia la interacción social (Heath y Lehn, 2008).

Independientemente de que se haga en el ámbito de la HCI, también en el ámbito museográfico es necesario poner a prueba los supuestos sobre las funciones de la interactividad propuestos por Santacana (2004):

1. Permite construir conocimientos en los visitantes, ya que los motiva para la adquisición del aprendizaje no formal y lúdico.
2. Facilita la interrelación de conceptos y la exploración libre de éstos, a la vez que diversifica la información, lo que refuerza el aprendizaje.
3. Estimula la imaginación, proporciona informaciones nuevas y refuerza los conocimientos existentes.
4. Desarrolla la capacidad y estimula el placer de resolver problemas de la vida real, permitiendo el desarrollo de la observación fenomenológica.

Ya que son muchos y variados los recursos que se usan para captar la atención del público y despertar emociones³² en los visitantes y, como propone Santacana (2005) para este fin, la museología actual se ha ocupado en construir estos dispositivos para producir experiencias sensoriales a través de la conjunción de colores, iluminación, sonidos, fragancias, texturas, de la manipulación física y del juego mental en los visitantes; apostándole a potenciar la “interactividad” como una estrategia para alcanzar el propósito de vincular la investigación científica con el público en los museos de ciencias (Costa y Boada, 2002).

De ahí que autores como Adams *et al.* (2004), McLean (2005), Allen (2004), consideren la necesidad de generar un **programa de investigación** en el que se pongan a consideración temas como la naturaleza del aprendizaje en ambientes

³² Pérez Ranzans (2008) considera importante entender el papel que cumplen las emociones tanto en la generación de conocimiento, apuntala la hipótesis del *carácter indispensable de las emociones para el desarrollo del conocimiento* –incluido el científico–, por la vía de elucidar en qué sentido las emociones son una condición de posibilidad de la construcción de nuestras representaciones del mundo (tanto de las concepciones de sentido común como de las teorías y modelos de la ciencia, así como de las representaciones o creaciones que resultan del trabajo artístico)

informales, el valor inherente de los museos, la eficacia, el impacto (comportamiento) y sus efectos a largo plazo en los visitantes, así como las interacciones sociales que se fomentan en los visitantes y muchos supuestos como el de “interactividad”, “open-endedness³³”, la influencia y el efecto del diseño en los museos, supuestos con los cuales se ha trabajado en los ambientes de aprendizaje informal como los museos.

7. Conclusión del capítulo

En esta revisión de la interactividad desde la perspectiva museográfica es posible dar cuenta de que el término “interactividad” no tiene una definición clara, y que es descrito como parte de un proceso de comunicación que se establece entre los visitantes y los dispositivos. En lugar de detenerse en la definición y caracterización de este término, los estudiosos del tema prefieren plantear cuestionamientos acerca de cómo perciben y aprenden los visitantes de las exposiciones en museos de ciencias “interactivos”, así como su propuesta respecto a una visión más amplia de “interactividad”, entendida ésta como un rango de experiencias que viven los visitantes de forma personal, social, física, emocional y cognitiva. En este capítulo se ha planteado que las experiencias interactivas de los visitantes son parte de una experiencia total (figura 6), y que el papel que juega la “interactividad” en ésta se puede estudiar al observar, por un lado, los procesos de aprendizaje de los visitantes y, por otro, explorando ciertos temas relacionados que generalmente son discutidos por los profesionales de los museos, como es el caso de: 1) la claridad de los propósitos y supuestos subyacentes de las exposiciones, 2) el diseño, 3) el compromiso social de los museos y 4) el aprendizaje informal.

³³ En el diseño de las exposiciones, ha surgido este concepto, el cual tiene la cualidad de enfatizar la experiencia y el juego sin que la experiencia del visitante esté restringida por límites definidos. El resultado es que los visitantes puedan hacer conjeturas y descubrimientos, jugando y experimentando para encontrar o descubrir todos los resultados posibles.

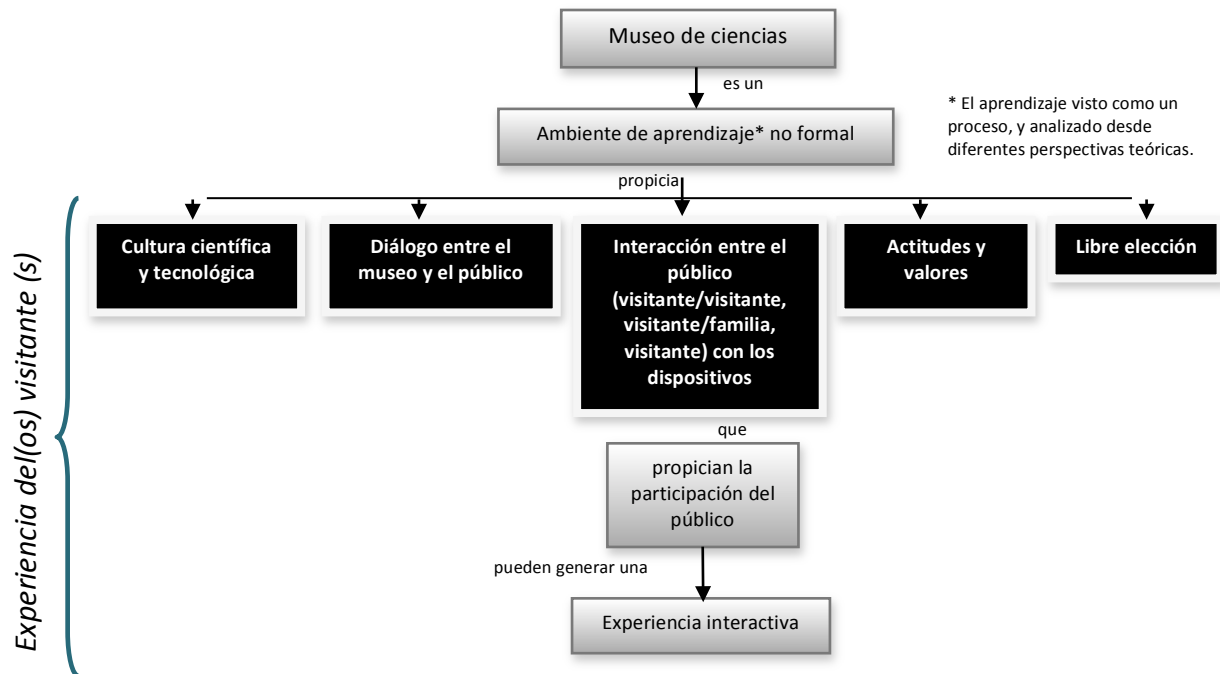


Figura 6. La experiencia interactiva como parte de una experiencia total propiciada por los ambientes de aprendizaje informal (por ejemplo, el museo de ciencias).

En resumen, acerca de los términos “interactividad”, “interactivo”, “interacción” y “aprendizaje informal”, desde la perspectiva museística se puede considerar lo siguiente:

1º. Sobre la interacción e interacciones que se generan en los ambientes informales

- Uno de los propósitos del museo de ciencia es el replanteamiento de la forma de mostrar los temas y conceptos científicos con el fin de propiciar una mayor cantidad de interacciones tanto entre los visitantes, como entre éstos y la exposición.
- Las interacciones entre el visitante y la exposición no necesariamente implican la “interactividad física”, es decir, una acción física de los visitantes.

2º. Sobre las exposiciones, los dispositivos y las experiencias interactivas

- Las exposiciones interactivas implican la puesta en juego de una gran posibilidad de recursos que permitan a los visitantes llevar a cabo acciones en las que utilicen la mayor cantidad de habilidades físicas, cognitivas y emocionales.

- Los dispositivos que invitan a la participación activa de los visitantes son de dos tipos: de naturaleza manual y de naturaleza informática (computadoras y multimedia).
- La terminología utilizada para describir las experiencias de los visitantes con los dispositivos que promueven la participación del visitante es muy amplia, se les han dado los siguientes apelativos: “dinámicas”, “participativas”, “reactivas”, “hands-on”, “manipulaciones”.
- Ninguno de estos términos es adecuado para describir la experiencia del visitante en el museo de ciencia, que implica una participación activa (visitante(s)/dispositivo) en la que los visitantes seleccionen libremente opciones, reúnan evidencias, formen conclusiones, pongan a prueba sus habilidades y aporten nuevas acciones a la exposición, propicien nuevos cuestionamientos.

3º. Sobre la interactividad en la museografía

- La interactividad es un supuesto que subyace a la noción de eficacia educativa, es decir, al logro de aprendizajes que se quiere obtener en los visitantes de los museos de ciencia, como ambientes de aprendizaje informal.
- La eficacia educativa de los museos de ciencias radica en que éstos constituyen medios de comunicación a través de los cuales los visitantes logran la adquisición y construcción de aprendizajes informales de conocimientos científicos, y de cambio de actitudes y valores acerca de la ciencia.
- La interactividad es una forma o una estrategia de comunicación de la ciencia en estos ambientes informales; no es un fin, sino un medio que propicia las acciones que realizan los visitantes en el museo.

4º. Sobre la naturaleza de las experiencias interactivas

- Una experiencia interactiva es aquella que conecta lo emocional con el conocimiento construido y, por tanto, puede ser entendida como un todo que involucra los procesos de aprendizaje individual y social, los factores de diseño (*affordances*) y el compromiso social de los museos en el aprendizaje de los visitantes.
- Para entender las experiencias interactivas dentro del contexto de la naturaleza del aprendizaje en ambientes informales, hay que utilizar algunos modelos de aprendizaje para dichos ambientes.

5º. Sobre los elementos del aprendizaje en los ambientes informales

- Es necesario estudiar la participación activa de los visitantes en el logro de los aprendizajes mediante los siguientes elementos:
 - Conocimiento previo, interés y creencias.
 - Poder de elección y control de los dispositivos.

- Motivación, emociones, sorpresa, expectativas y relevancia de lo que aprenden.
 - El contexto social y psicológico de los visitantes.
 - El diseño de las exposiciones y las “affordances” (elemento de la interactividad).
 - Interacción con otros visitantes (familia, amigos, etcétera).
- El aprendizaje en los ambientes informales depende de la aprehensión inmediata, de los diferentes tipos de participación (física, mental, emocional, cognitiva), de la diversidad de los modos de aprendizaje de los visitantes, de la coherencia de los conceptos mostrados en las exposiciones.

En resumen, la interactividad en los museos de ciencias es una forma de propiciar la comunicación de la ciencia (a través de metáforas o simulaciones) a partir de dispositivos contruidos *ex profeso* para actuar como mediadores de la comunicación. Los visitantes se apropian de forma individual o social de aprendizajes científicos, así como de actitudes y valores (previsión, propección y consecuencias de la ciencia y la tecnología) generados a través de la interacción con el dispositivo y el visitante u otros visitantes (familiares, amigos, etc.). El nivel de interacción con los equipos exhibidos dependerá de elementos personales tales como la motivación, los sentidos, la construcción cognitiva, la imaginación, la curiosidad e incertidumbre, y elementos propios del diseño de los dispositivos interactivos que, en conjunto, además de conformar un ciclo de exploración propiciado por el dispositivo, tienen una profundidad variable, pues depende en buena medida del sujeto. Todo esto constituye una experiencia interactiva, la cual puede ser intensa, lo que facilita la aprehensión inmediata con el dispositivo, siempre y cuando éste posea las características idóneas para lograrlo, mismas que constituyen el objeto de estudio de la presente tesis.

La estructura, la planeación y el diseño de estos equipos influirá en la calidad de ese proceso de comunicación al que de manera genérica se ha llamado “interactividad”, debido a que los primeros equipos exhibidos por los museos de ciencias utilizaron computadoras para propiciar esta nueva forma de comunicación entre museo y visitantes.

CAPÍTULO IV

Los equipos interactivos promotores del aprendizaje informal de la ciencia

Introducción

Desde hace ya dos décadas, el término “interactivo” se ha utilizado para calificar a Museos y Centros de Ciencias (MC y CC), los cuales son diseñados y construidos con la intención de propiciar el aprendizaje informal de la ciencia³⁴. En éstos se exhiben equipos que muestran ideas y principios científicos y que suelen tener los siguientes propósitos:

- Popularizar los avances en ciencia y tecnología.
- Fomentar vocaciones hacia el quehacer científico y tecnológico.
- Apoyar al sector educativo escolarizado.
- Contribuir a la creación de conciencia sobre el aporte social de la ciencia.

Pero, principalmente, los MC y CC son ambientes de aprendizaje informal, estructurados con el propósito de promover la participación activa de los visitantes, quienes son alentados a sentir curiosidad, confianza y control sobre las actividades a realizar (Abell y Lederman, 2007); además, a través de ésta participación los visitantes se acercan a la ciencia de manera libre, tienen una convivencia social, enriquecedora, y viven momentos de esparcimiento y disfrute ameno del conocimiento, es decir, del intercambio cultural entre un público heterogéneo, cada vez más culto (Bustamante, 2009).

Por ello, buena parte de los MC y CC incluyen en su misión:

³⁴ El establecimiento de centros de ciencia y tecnología interactivos impulsó la comunicación de la ciencia, a través de exposiciones dinámicas para instruir e informar a los visitantes, fue así que se buscó que los aparatos exhibidos pudieran ser manipulados por el público. En las décadas de los sesenta y setenta, estos museos de ciencias se vieron como una excelente herramienta didáctica, por lo que se puso énfasis en disminuir considerablemente los “objetos intocables”, y el término “interactividad” se convirtió en la palabra clave de los museos de ciencias y el propósito de estos era la participación activa de los visitantes con la exposición (Reynoso et al, 2005).

“... ofrecer un espacio educativo y cultural que contribuya ampliamente al desarrollo intelectual de los niños, los jóvenes y las familias guerrerenses, que facilite el conocimiento científico-tecnológico y que fomente los valores de identidad cultural a través del juego interactivo”³⁵.

Al término “interactivo” se asocian elementos como el acercamiento al conocimiento científico y la recreación, sin embargo muchos autores dentro del campo de la museología consideran que la interactividad está relacionada con el potencial educativo de los equipos exhibidos. Aunque es notorio el amplio rango de significados y aplicaciones que tiene el término “interactivo”, dado que éste no describe la experiencia que viven los visitantes en el museo de ciencia, Adams *et al.* (2004) proponen sustituirlo por el de “**experiencias interactivas**”, argumentando que éstas son más apropiadas para describir la actuación de los visitantes con los equipos museográficos, y dichas acciones están en función tanto de la intención pedagógica como del diseño de las exposiciones, lo que mucho tiene que ver con el compromiso social de los museos con la educación. Debido a la poca claridad de los términos “interactivo” e “interactividad” en el campo de estudio de los museos de ciencias, se hace necesario abordarlos para tener un punto de partida para su estudio.

1. Equipos interactivos de final abierto “*open-ended*” y final cerrado “*close-ended*”

En respuesta al artículo publicado por Adams *et al.* (2004), Spock (2004) propuso que, aplicado a los equipos de los museos, el término “interactivo” debe ser entendido en función del diseño y la intención pedagógica; ambos son propósitos a considerar cuando se busca lograr una adecuada comunicación de la ciencia en ambientes de aprendizaje informal como los MC y CC. Hay que recordar que estos

³⁵ Misión de “La Avispa Museo interactivo”, Sección “Nosotros”. Disponible en: <http://museolaavispa.org/>
Fecha de consulta 25 de noviembre del 2013.

espacios están diseñados para facilitar el libre tránsito y la libre elección de los equipos, o bien de una exposición en particular³⁶ que explorarán los visitantes.

Desde un punto de vista museográfico, los equipos interactivos exhiben ideas y conceptos científicos, y son contruidos *ex profeso* (Sánchez-Mora, 2009a), o como señala Gasc (2008), “invitan al visitante a participar activamente con ellos, por lo que los hay de naturaleza manual e informática, los primeros solicitan la participación a través de las acciones motrices o manuales de los visitantes”. En suma, se trata de artefactos o de un conjunto de artefactos que desarrollan un contenido conceptual de forma autónoma respecto a los elementos museográficos que lo rodean.

Por su parte, Spock propone que la intención pedagógica con la que se diseñan y construyen los equipos interactivos presupone que el visitante posee motivación intrínseca innata para aprender, y que además éste logra hacer significativa su experiencia³⁷ en los MC y CC. Desde este punto de vista, los interactivos (museos y sus componentes) no pretenden enseñar (desde el enfoque educativo formal), sino que más bien proporcionan diversas oportunidades para que los visitantes (a través de su participación física, cognitiva y afectiva) aprendan a su paso y necesidades, es decir de manera informal (Falk y Dierking, 2000).

Desde esta misma idea, Spock (2004) también considera que muchos de los MC y CC que diseñan y construyen los dispositivos interactivos que exhiben lo hacen de dos formas claramente diferenciadas que favorecen el aprendizaje a lograr en los visitantes, éstas son al mismo tiempo dos formas de construcción del aprendizaje

³⁶ El término “exposición” hace referencia a un grupo de elementos individuales, que se encuentran relacionados entre sí de alguna manera, y está estructurados en una colección. Estos elementos (dispositivos/equipos) tienen el objetivo de estar relacionados por la temática, o bien con base en principios simples, o bien por un número de contenidos basados y conectados de forma coherente, a su vez ofrecen a los visitantes un tipo particular de actividad o experiencia (Allen, 2008).

³⁷ Desde el enfoque de John Dewey, la experiencia pone mucho énfasis en la importancia de la participación del aprendiz en la formación de sus propósitos, los cuales dirigen su actividad en el proceso de aprendizaje. Un propósito genuino, de acuerdo con este autor, comienza con un deseo, desde el cual dicho propósito puede ser desarrollado y se caracteriza además por tener un plan de acción basado en los posibles resultados de las acciones a realizar. Aplicado a los museos, esto tendrá una implicación en los desarrolladores de una exposición, quienes tienen que facilitar la transición del deseo en un propósito. Así, los impulsores y los deseos son una fuente de motivación en los visitantes, juntos conforman la estructura para evaluar y planificar las experiencias de los museos (Ansbacher, 1998).

que redundan en los llamados equipos interactivos a los que se les ha dado el apelativo de “*open-ended*” (final abierto) y “*close-ended*” (final cerrado). Los primeros obedecen al **enfoque constructivista**, es decir, uno en el que los visitantes no son dirigidos a un aprendizaje prefijado, sino más bien a múltiples aprendizajes a lograr, y a través de los cuales el visitante construye la experiencia y el conocimiento, los ordena y les da forma. Desde esta visión del aprendizaje como un proceso activo de construcción de conocimientos, los visitantes deben incrementar su atención, motivación, experiencias, conocimiento tácito³⁸, e identidad cultural (Bell *et al.*, 2009). En lo que respecta a los equipos diseñados y contruidos con un **enfoque pedagógico** por descubrimiento (“*close-ended*”), éstos propician que los visitantes desarrollen o lleguen a una idea o concepto prefijado, a través de una serie de pasos secuenciados en los que finalmente se descubrirá la idea o concepto “correcto” que subyace ante el fenómeno presentado al visitante. En la tabla 1 se describen características como la intención, el modelo de aprendizaje, el diseño centrado en el usuario, los desafíos, los resultados de aprendizaje así como los inconvenientes en cuanto a ciertas características que no permiten lograr los objetivos o la apropiada evaluación de cada uno de los tipos de dispositivos interactivos clasificados por Spock (2004).

³⁸ Conocimiento subjetivo y basado en la experiencia personal y fuertemente ligado a la acción de los individuos en un contexto determinado. Sabemos más de lo que podemos contar, y aquello de lo que tenemos conocimiento es difícil expresarlo en palabras o datos, ejemplo de ello es manejar un auto o cocinar (Arbonies y Calzada, 2004).

Tabla 6.
Características pedagógicas y de diseño de los dos tipos de equipos interactivos.

Características pedagógicas y de diseño	Interactivos por descubrimiento o de “final cerrado”	Interactivos constructivistas o de “final abierto”
Intención	El aprendizaje se centra en el papel de la experiencia directa con un fenómeno presentado al visitante. Una experiencia problemática, pero dirigida, propicia en el visitante un ciclo de investigación genuino (Allen, 2004).	El aprendizaje no es dirigido, los resultados del aprendizaje son variados, así como su utilidad y conclusiones a las que llega el visitante. El aprendizaje es profundamente motivante, porque reaviva los recuerdos, incrementa el conocimiento previo y refuerza la identidad, a la vez que amplía la comprensión idiosincrásica (social y cultural) y personal (física) (Spock, 2004).
Modelo que explica los resultados de aprendizaje.	El “modelo estándar” de aprendizaje de los museos de ciencias propone que los visitantes completan un ciclo de investigación en el cual, el equipo interactivo, muestra un fenómeno sorprendente que pone a prueba a los visitantes, quienes exploran el fenómeno con la finalidad de dar explicación; la cédula del dispositivo ayuda al visitante en la explicación de los principios y conceptos subyacentes del fenómeno, y cuando se propicia una conexión con una experiencia cotidiana, se produce la relevancia; de este modo, los visitantes construyen un aprendizaje significativo que les permite poder entender otro fenómeno relacionado con el expuesto en la exposición (Allen, 2004).	El modelo “constructivista-contextual” sugiere que el aprendizaje es construido socialmente, debido al intercambio que tiene lugar entre el individuo y su entorno sociocultural y físico, es decir, está influenciado por tres contextos que interaccionan entre sí: el personal, el sociocultural y el físico. Este modelo contempla: <ul style="list-style-type: none"> • El conocimiento previo de los individuos. • El compromiso y el papel activo de las personas en su aprendizaje. • Los procesos de interpretación de información. • El papel de la interacción social en el aprendizaje. • La naturaleza del aprendizaje como proceso de cambio y el contexto (Falk y Dierking, 2000).

<p>“Affordances” (diseño centrado en el usuario)</p>	<p>Las características del diseño deben generar la aprehensión inmediata del visitante a través de la motivación extrínseca, permitiendo que el visitante desarrolle:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Imaginación. • Curiosidad e incertidumbre. • Manipulación física. • Habilidades. • Nivel de desafío relacionado con las habilidades de la persona. <p>**</p>	<p>Las características del diseño deben generar la aprehensión inmediata del visitante, aprovechar la motivación intrínseca del visitante (el deseo es la recompensa y además éste es placentero), la imaginación, la curiosidad e incertidumbre, con la finalidad de desarrollar en el visitante:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Satisfacción y diversión. • Control sobre la situación y libre elección. • Manipulación física o contemplación. • Habilidades. • Nivel de desafío relacionado con las habilidades de la persona. • Juego con objetivos claros y reglas apropiadas. • Comodidad. • Diferentes formas de aprendizaje. • Una experiencia de flujo (estado de flujo). <p>**</p>
<p>** En ambos tipos, los equipos interactivos deben estar contruidos sin tanta carga teórica; asimismo, optimizar el tiempo y ser cómodos en su manejo, tener objetivos y reglas claras, no demandar prerrequisitos complejos de los visitantes.</p>		
<p>Desafíos</p>	<p>El propósito de los equipos es la construcción cognitiva de los visitantes, por lo tanto, el nivel de desafío es establecido por el propio equipo.</p>	<p>De acuerdo con el visitante, éste selecciona por sí mismo el desafío que desee, más no el que le imponga el equipo, por lo que esto puede resultar en un rango de niveles de desafío y, en consecuencia, en un amplio rango de usuarios.</p>
<p>Resultados medibles del aprendizaje (outcomes)</p>	<p>Los resultados son aquellos cambios perceptibles que muestran el logro de objetivos, metas y propósitos, por ejemplo el número de personas que mejoran su conocimiento como consecuencia de visitar una exposición museística (Allen <i>et al.</i>, 2008).</p>	<p>Se ha evaluado la adquisición de hechos, conceptos e ideas, pero además se esperan diferentes resultados de aprendizaje como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La relación de la experiencia vivida con el interactivo. • La relación de la experiencia previa con algo nuevo. • Actitudes, valores. • La interacción social. <p>La interacción con el equipo puede ser informativa, pero no necesariamente</p>

Inconvenientes	<p>Principalmente se ha evaluado la adquisición de hechos, conceptos e ideas, que son producto del ciclo de investigación propiciado en el visitante.</p>	<p>debe estar asociada directamente con los contenidos de la exposición.</p>
	<p>En cuanto al diseño, el número de pasos en la secuencia o en la proliferación de variables propuestas por el equipo, pueden hacer que el dispositivo interactivo sea inmanejable o ininteligible (mucha información o complejidad).</p> <p>Dada la característica de que la experiencia/aprendizaje está dirigida, los equipos de final cerrado se pueden describir como autoritarios, por lo tanto el rango de opciones de aprendizaje es limitado y mecanizado, y ello obliga a llegar a una conclusión.</p>	<p>La evaluación de los resultados de aprendizaje es difícil de llevar a cabo.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Para Santacana y Martín (2010), los equipos museográficos se distinguen del conjunto de artefactos que desarrollan un contenido conceptual de forma autónoma respecto a los elementos museográficos que le rodean y que permiten, además, la interacción con uno o varios usuarios; estos equipos tienen la siguiente naturaleza:

Tabla 7.

Elementos y características de los equipos interactivos.

Elementos	Características
Cuerpo central	Mecanismo o conjunto de mecanismos de diverso tipo que permiten la interacción.
Manipulación	Elementos diseñados para ser directamente manipulados por los usuarios.
Protección y soporte	Al igual que los elementos de manipulación, éstos prevén factores de usabilidad y ergonomía.
Contenidos conceptuales	Los desarrolla el equipo, responden a los parámetros informativos, científicos, tecnológicos, artísticos o culturales que se pretenden presentar.

Fuente: Santacana y Martín (2010).

Para Sandifer (2003), las características por las que se ha llegado a la conclusión de que los equipos “interactivos” atraen y mantienen la atención de los visitantes es que permiten la actividad alrededor del mismo, es decir, son accesibles, confortables para poder ser usados por diferentes personas (niños, adolescentes y adultos); asimismo, propician varios resultados de aprendizaje, y por lo tanto apelan a diferentes formas y niveles de aprendizaje de los usuarios; presentan además, textos legibles, entendibles, y por último son relevantes, ya que permiten a los visitantes relacionar lo aprendido con su experiencia.

Con la finalidad de poder agrupar las características descritas, Sandifer (2003) propuso cuatro rubros para clasificar a los equipos, los cuales son: 1) “*opened*”, 2) con “novedad tecnológica”, 3) de “estimulación sensorial” y, por último, 4) con “diseño centrado en el usuario” (tabla 8).

Tabla 8.
Síntesis de la clasificación y características de equipos interactivos.

Característica del equipo	Criterios para clasificar al equipo
Open-ended	<p>Permite el logro de varios objetivos cognitivos planteados por el equipo por parte de los visitantes, permite incluso que el objetivo único del equipo se logre de varias formas establecidas por los visitantes.</p> <p><i>NOTA: no entran aquí los equipos que incorporan una pregunta y para la cual existe una sola respuesta (close-ended).</i></p>
Con novedad tecnológica	<p>Cuenta con dispositivos visibles llamados “de última generación”, o bien ilustra a través del uso de la tecnología aquellos fenómenos que de otro modo sería imposible o muy laborioso para los visitantes explorar por su cuenta.</p> <p><i>Nota: los dispositivos de última generación dependen del contexto del equipo, Sandifer (2003) ejemplifica algunos equipos que contienen rayos láser, un sofisticado software o una cámara de infrarrojos.</i></p>
Con diseño centrado en el usuario (affordances)	<p>Cuando el resultado de la manipulación con el equipo se da a través de, o bien una representación del cuerpo del usuario, o bien presenta un efecto sobre alguna parte del cuerpo del usuario.</p> <p><i>Nota: por ejemplo, el uso de espejos o micrófonos en los que el usuario ve su figura o escucha su voz.</i></p>
De estimulación sensorial	<p>El equipo emite sonidos por su cuenta, o cuando está en uso; presenta una o más partes visibles, objetos o imágenes que se mueven por su cuenta, o cuando está en uso.</p> <p>El equipo presenta luces que parpadean o brillan por su cuenta, o cuando está en uso.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Para Santacana y Martín (2010) "la interactividad en el museo es aquella facultad que ejercemos dentro del propio museo de forma casi automática, respondiendo a estímulos mentales sin necesidad de que existiera una incitación directa explícita". Para estos mismo autores, toda la información procesada por los visitantes del museo produce una respuesta inmediata, en un proceso tanto físico como mental

de interacción³⁹. Describen tres tipos de interactividad: 1) de carácter informático o electrónico (la interacción con los usuarios se realiza a través de máquinas programadas informáticamente), 2) la interactividad mecánica o manipulativa (la interacción se lleva a cabo a través de equipos mecánicos que utilizan desde resortes hasta conectoros eléctricos) y 3) la interactividad de carácter humano (ésta se refiere a la interacción provocada por agentes humanos, ya sean animadores, actores, guías, mediadores etcétera). Estos mismos autores consideran que los equipos museográficos que propician los dos primeros tipos de interactividad pueden ser clasificados por las “bases fundamentales sobre las cuales se construyen”, considerando siempre que uno de los fines de los equipos interactivos es “contribuir a crear en las personas conocimiento mediante estímulos externos, tal como la función de la ciencia”; es decir, lo que hay detrás de cada equipo interactivo es “la pregunta”, la idea o, en palabras de Adams *et al.* (2004) y Spock (2004), “la intención pedagógica”. De ahí que para Santacana y Martín existen equipos interactivos que, por su naturaleza, pueden ser clasificados en módulos interactivos de:

- Interrogación.
- Comparación.
- Acción.
- Elección de opciones.
- Emociones.
- Observación.
- Causas-efectos-consecuencias.
- Empatía.
- Hipótesis.
- Contraste de opinión.

³⁹ Santacana y Martín (2010), proponen que la interactividad es posible en todos los museos, aunque no todos los museos son en esencia interactivos (p. 90). Por lo anterior, "no existen museos interactivos; existe interactividad en los museos" (Santacana y Martín, 2010, p. 47).

En un buen intento de clasificación, estos mismos autores propusieron una combinación de 15 tipos de sistemas:

1. Sistema gráfico (GR).
2. Sistema táctil (TC).
3. Sistema olfativo (OL).
4. Sistema gustativo (GUS).
5. Sistema auditivo (AUD).
6. Sistema visual (audiovisual) (VIS).
7. Sistema corpóreo (COR).
8. Sistema recreación (REC)
9. Sistema mecánico (MEC).
10. Sistema reflexión/refracción (REF).
11. Sistema cuantificador (CUANT).
12. Sistema electrónico (ELEC).
13. Sistema proyección (PROY).
14. Sistema informático (INFOR).
15. Sistema virtual (VIR).

El resultado de la combinación de estos 15 sistemas produce en total 120 tipos de equipos museográficos interactivos que “invitan abiertamente al usuario a participar activamente en un proceso tanto físico como mental de interacción. Provocan reacciones determinadas en el público visitante de forma consciente con cierta intencionalidad”. Con la finalidad de poder caracterizar los equipos museográficos interactivos a los que se hace alusión en este estudio de caso, se utilizará la clasificación propuesta por Santacana y Martín (2010) ver tabla 9.

Tabla 9. Clasificación de equipos museográficos de acuerdo con Santacana y Martín (2010)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		GR	TC	OL	GUS	AUD	VIS	COR	REC	MEC	REF	CUANT	ELEC	PROY	INFOR	VIR
1	GR	GRGR 1.1														
2	TC	TCGR 2.1	TCTC 2.1													
3	OL	OLGR 3.1	OLTC 3.2	LOL 3.3												
4	GUS	GUSGR 4.1	GUSTC 4.2	GUSOL 4.3	GUSGUS 4.4											
5	AUD	AUDGR 5.1	AUDTC 5.2	AUDOL 5.3	AUDGUS 5.4	AUDAUD 5.5										
6	VIS	VISGR 6.1	VISTC 6.2	VISOL 6.3	VISGUS 6.4	VISAUD 6.5	VISVIS 6.6									
7	COR	CORGR 7.1	CORTC 7.2	COROL 7.3	CORGUS 7.4	CORAUD 7.5	CORVIS 7.6	CORCOR 7.7								
8	REC	RECGR 8.1	RECTC 8.2	RECOL 8.3	RECGUS 8.4	RECAUD 8.5	RECVIS 8.6	RECCOR 8.7	RECREC 8.8							
9	MEC	MECGR 9.1	MECTC 9.2	MECOL 9.3	MECGUS 9.4	MECAUD 9.5	MECVIS 9.6	MECCOR 9.7	MECREC 9.8	MECMEC 9.9						
10	REF	REFGR 10.1	REFTC 10.2	REFOL 10.3	REFGUS 10.4	REFAUD 10.5	REFVIS 10.6	REFCOR 10.7	REFREC 10.8	REFMEC 10.9	REFREF 10.10					
11	CUANT	CUANTGR 11.1	CUANTTC 11.2	CUANTOL 11.3	CUANTGUS 11.4	CUANTAUD 11.5	CUANTVIS 11.6	CUANTCOR 11.7	CUANTREC 11.8	CUANTMEC 11.9	CUANTREF 11.10	CUANTCUANT 11.11				
12	ELEC	ELECGR 12.1	ELECTC 12.2	ELECOL 12.3	ELECGUS 12.4	ELECAUD 12.5	ELECVIS 12.6	ELECCOR 12.7	ELECREC 12.8	ELECMEC 12.9	ELECREC 12.10	ELECCUANT 12.11	ELECELEC 12.12			
13	PROY	PROYGR 13.1	PROYTC 13.2	PROYOL 13.3	PROYGUS 13.4	PROYAUD 13.5	PROYVIS 13.6	PROYCOR 13.7	PROYREC 13.8	PROYMEC 13.9	PROYREF 13.10	PROYCUANT 13.11	PROYELEC 13.12	PROYPROY 13.13		
14	INFOR	INFORGR 14.1	INFORTC 14.2	INFOROL 14.3	INFORGUS 14.4	INFORAUD 14.5	INFORVIS 14.6	INFORCOR 14.7	INFORREC 14.8	INFORMEC 14.9	INFORREF 14.10	INFORCUANT 14.11	INFORELEC 14.12	INFORPROY 14.13	INFORINFOR 14.14	
15	VIR	VIRTGR 15.1	VIRTTC 15.2	VIRTOL 15.3	VIRTGUS 15.4	VIRTAUD 15.5	VIRTVIS 15.6	VIRTCOR 15.7	VIRTREC 15.8	VIRTMEC 15.9	VIRTREF 15.10	VIRTCUANT 15.11	VIRTELEC 15.12	VIRTPROY 15.13	VIRTINFOR 15.14	VIRTVIRT 15.15

2. El significado de “interactividad” en los museos y centros de ciencia

Al no ser entendido el término “interactivo” en función de, según la propuesta de Spock (2004), el diseño y la intención pedagógica aplicados a los equipos de los MC y CC, a este término se le ha utilizado únicamente como un descriptor funcional de los equipos de los MC y CC, y dado que no se ha valorado desde el punto de vista de su carácter pedagógico, se ha puesto énfasis en la acción (manipulación) que el visitante realiza con un cierto equipo; por ejemplo, el visitante elige una opción y el equipo responde automáticamente. Por lo anterior, es necesario que el significado del término “interactividad” se amplíe al campo de la comunicación de la ciencia, ya que los MC y CC tienen como una de sus funciones comunicar la ciencia y hacerla parte de la cultura, mostrando los fenómenos o conceptos científicos, así como el contexto de la ciencia y su naturaleza (Sánchez-Mora, 2004 y Ares, 2002); es por esto que en un intento de dar un nuevo significado al término “interactividad” en el campo de los MC y CC, y de acuerdo con las propuestas de Spock (2004) y Adams *et al.* (2004), este trabajo de investigación propone partir de la noción de **interactividad** como:

... una forma de propiciar la comunicación interpersonal e intrapersonal (visitante-equipo), el aprendizaje informal de la ciencia a través del uso de metáforas, simulaciones y con el fenómeno real, todo esto materializado por los equipos de los museos y centros de ciencia. Los MC y CC son ambientes de aprendizaje informal en donde se diseñan y construyen exposiciones y equipos con una intención pedagógica, estos ambientes y los elementos que los integran, actúan como mediadores de la comunicación de la ciencia, y “propician oportunidades” para que los visitantes (a través de su participación activa física, cognitiva y afectiva) aprendan en estos ambientes informales a su propio ritmo.

Así, en un ambiente de aprendizaje informal⁴⁰ diseñado para generar la participación, la emoción y diversas respuestas sensoriales, siempre con una intención pedagógica, los visitantes se apropian de forma individual o compartida del aprendizaje científico; esto es, construyen actitudes y valores generados a través del intercambio de ideas con el dispositivo o la exposición, o con otros visitantes, en el marco de un ambiente en el que pueden elegir libremente. En estos ambientes informales el aprendizaje, según Martin (2001), ocurre en el curso de las actividades cotidianas de las familias en las cuales los niños participan de acuerdo con sus habilidades. En este caso, el aprendizaje es muy observacional, participativo, los dominios emocionales e intelectuales de los visitantes se fusionan y el significado de lo aprendido es intrínseco y está relacionado con el contexto.

De esta manera, la interacción de los visitantes con los equipos dependerá de elementos personales tales como la motivación, la sensibilidad, la capacidad cognitiva, la imaginación, la curiosidad y la incertidumbre, y de elementos propios del diseño de los dispositivos interactivos junto con la intención pedagógica de los mismos. La suma de las acciones experimentadas por los visitantes más los equipos interactivos traducidos a los resultados de aprendizaje informal constituyen una **experiencia interactiva**, la cual puede ser intensa cuando es facilitada por la aprehensión inmediata de la idea exhibida por el dispositivo, siempre y cuando éste posea las características idóneas para lograrlo, mismas que constituyen el objeto de estudio de esta tesis.

Para saber cómo, cuándo y qué aprendizajes se producen en los visitantes a través de cada uno de los tipos diferentes de equipos museográficos mencionados, muchos autores se han propuesto medir los “resultados de

⁴⁰ El aprendizaje ya no se considera una actividad limitada a las instituciones educativas; en la actualidad, se ha reconocido que éste ocurre en el lugar de trabajo, el hogar y el transcurso del “tiempo libre” de las personas. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OECD, 2005) considera que el aprendizaje informal sucede fuera del sistema educativo formal o estructurado, y tiende a ser el resultado de aquél que se da de manera incidental a través de la experiencia cotidiana (Halliday-Wynes y Beddie, 2003). Para Falk y Dierking (2001) es más apropiado hablar de “*free-choice learning*”, ya que con este término estos autores distinguen que el aprendizaje es de libre elección, y no secuencial y voluntario. Además, el aprendizaje es construido socialmente, debido al intercambio que tiene lugar entre el individuo y su entorno sociocultural y físico, por lo que este tipo de aprendizaje fuera de la escuela se basa fundamentalmente en las necesidades únicas e intrínsecas, así como en los intereses del visitante.

aprendizaje⁴¹ de la ciencia” que propician estos ambientes informales (MC y CC); sin embargo, esta tarea no es fácil y ha generado mucha controversia, particularmente debido a que algunos investigadores han adoptado en los MC y CC las mismas herramientas utilizadas en los ambientes educativos formales⁴² y, por lo mismo, estas mediciones no reflejan las características que definen a los ambientes informales, es decir, no abarcan la gama de capacidades promovidas en los usuarios ni consideran que la experiencia es voluntaria (libre elección), pero sí evalúan en función de un currículo estandarizado y, por último, dichas herramientas no están diseñadas para el tipo y número de visitantes —en términos de sus capacidades cognitivas, el tipo de emociones que experimentan, las actividades físicas que realizan— ni de acuerdo con sus estilos y formas de apropiación del conocimiento, entre otras características (Adam, 2004).

Más aún, la medición del aprendizaje informal se enfrenta todavía con dos problemáticas: por un lado, se encuentra apenas en desarrollo y, por lo mismo, tiene la gran dificultad que implica la recolección de datos que atestigüen dicho aprendizaje; por otro, está el hecho de que el investigador tiene poco o nulo control de las variables, dado que las acciones de los sujetos de estudio son impredecibles y, por tanto, no pueden ser observadas fácilmente. Osborn y Dillon (2007) manifiestan que los investigadores educativos que trabajan en estos ambientes informales a menudo tienen que hacer uso del “ingenio metodológico”, con el fin de ahondar en el conocimiento y construir teorías más potentes que expliquen mejor la dinámica de apropiación del aprendizaje.

⁴¹ No existe un acuerdo preciso sobre la definición de resultados de aprendizaje, sin embargo, la mayoría coincide en que éstos se pueden definir como declaraciones que describen un estado deseado, es decir, que especifican lo que los alumnos saben o son capaces de hacer como resultado de una actividad de aprendizaje y se expresan en conocimientos, destrezas, habilidades y actitudes (Adam, 2004). Para los fines de este trabajo de investigación, los resultados de aprendizaje serán: “aquellos cambios que evidencian el logro de objetivos finales, metas o propósitos de una exposición o de los dispositivos museográficos”, y que se expresan como los contenidos, habilidades, actitudes, conductas ideas de las personas que se esfuerzan por dominar la ciencia en contextos informales. Un resultado de aprendizaje puede ser expresado como “el número de personas que mejoran su conocimiento como consecuencia de visitar una exposición de un MC y CC” (Silverstein, 2008).

⁴² Es decir, sus herramientas intentan demostrar si se ha aprendido información, conceptos, destrezas, procedimientos; por ejemplo, en el ámbito escolar se utilizan herramientas como los exámenes o pruebas estándar, destinadas a medir el grado de aprendizaje que un alumno tiene, por ejemplo, si dominan un algoritmo como la resta, si desarrollan un mapa mental de la fotosíntesis o si aplican adecuadamente la teoría económica a un conjunto de problemas. Otros productos de trabajo de los estudiantes, tales como los informes y ensayos, también sirven como base para conocer el grado y la naturaleza de su aprendizaje individual.

3. Los seis hilos del aprendizaje de la ciencia

Después de un análisis de una vasta recopilación de trabajos de investigación en ambientes informales de aprendizaje, Bell *et al.* (2009), Fenichel y Schweingruber (2009), y Duschl *et al.* (2007) plantearon una nueva aproximación a la medición del aprendizaje informal; a través de una serie de “hilos del aprendizaje de la ciencia” que conforman una estructura articulada, ellos proponen que en los visitantes es posible evidenciar la apropiación del lenguaje y de los procesos de la ciencia, el desarrollo de ideas científicas, la apropiación y participación de la cultura científica y la construcción de la identidad⁴³.

A continuación se describe de manera sucinta cada uno de ellos⁴⁴:

1. **Desarrollar el interés en la ciencia.** Para lograr este propósito, es necesario que la visita al museo sea una experiencia emocionante que potencie la motivación intrínseca del aprendizaje en los visitantes; es decir, la experiencia vivida debe propiciar el entusiasmo, el interés y la motivación para aprender respecto de los fenómenos del mundo natural y físico.
2. **Comprender el conocimiento científico.** Llegar a conocer, entender y recordar, así como usar conceptos, explicaciones, argumentos, modelos y hechos relacionados con la ciencia, a fin de interpretar las explicaciones científicas del mundo natural, todo ello, implica un proceso de cambio conceptual que, a su vez, es reflejo de que los visitantes se han apropiado del conocimiento.
3. **Participar del proceso de la investigación científica.** La adquisición de habilidades (manipular, ensayar, explorar, predecir, preguntar,

⁴³ Rounds (2006) considera que la identidad es lo que distingue a un individuo de los otros; asimismo, señala las partes de su existencia en sociedad, persiste a través de sus cambios, o bien le abre el camino de lo que podría o debería ser. Para Martin (2001), los MC y CC tienen la función de generar en los visitantes una identidad en sociedad, es decir, los contenidos científicos pueden ser vistos como una herramienta cultural, más que como una estructura del conocimiento en los visitantes; de esta manera, ellos asimilan una identidad social, es decir, aprenden lo que se tiene que hacer en ciencia para encajar en las amplias prácticas sociales (curiosidad, persistencia, equidad y la flexibilidad).

⁴⁴ Los “hilos” 1 y 6 son propuestos por Bell *et al.* (2009), mientras que los 2, 3, 4 y 5 son propuestos por Duschl *et al.* (2007).

observar) en conjunto con los conocimientos, permite a los visitantes hacer uso de evidencia empírica para construir argumentos y defenderlos y, en consecuencia, poder diseñar y analizar sus propias investigaciones empíricas.

4. Reflexionar acerca de la ciencia como una forma de conocimiento.

Comprender la naturaleza y el desarrollo del conocimiento científico mediante sus procesos, conceptos e instituciones, permite reconocer que las predicciones o explicaciones científicas están en constante revisión en función de las nuevas evidencias o del desarrollo de nuevos modelos que explican la naturaleza del mundo natural y físico. Esto permite reflexionar respecto de la naturaleza y la generación del conocimiento científico. Además, también permite a los visitantes reflexionar sobre cómo se apropian de su conocimiento.

5. Participar activamente en actividades científicas y de aprendizaje.

Implica comprender las normas de participación en ciencia; como la forma de comunicación verbal, debates científicos; así como las actitudes frente a la ciencia, como adoptar una postura crítica y estar dispuestos a hacer preguntas utilizando el lenguaje y las herramientas científicas; estas son formas en las que los visitantes pueden participar activamente.

6. Apropiarse de una cultura científica. Esto se logra a partir de un proceso mediante el cual el visitante es capaz de tomar conciencia, saberse un aprendiz de la ciencia, desarrollar un “trabajo de identidad”⁴⁵ como ciudadano que conoce, utiliza y puede contribuir a la discusión sobre temas científicos y, por lo tanto, también adquiere valores y comportamientos durante este proceso.

Estos “hilos del aprendizaje de la ciencia” están interrelacionados, y son actualmente producto de diferentes campos de investigación del aprendizaje

⁴⁵ El “trabajo de identidad” se puede entender como una función psicológica latente movida por la curiosidad de la visita al museo; desde esta perspectiva, se elimina la necesidad de medir, nombrar y clasificar a los visitantes por sus identidades (curioso, por lo tanto, se puede dirigir la atención a la manera como el visitante utiliza el museo en su labor permanente de construcción de su identidad, mantenimiento y cambio (Rounds, 2006).

informal en los MC y CC. En ellos se toma en cuenta la participación cognitiva, social y emocional de los visitantes, y pueden ser considerados como elementos que constituyen el aprendizaje en ambientes informales.

Fenichel y Schweingruber (2009) proponen que en cualquier visita a un museo de ciencia es imposible que se propicien en su totalidad los seis “hilos”, por lo que es necesario que en el proceso del diseño de una exposición se explicita lo que se requiere obtener, como resultado de la interacción del visitante con la exposición o con el equipo. Además, estos seis “hilos” por sí solos pueden ser considerados como diferentes resultados del aprendizaje en ambientes informales propiciados por los MC y CC.

Bell *et al.* (2009) consideran que desarrollar el interés por la ciencia y apropiarse de una cultura científica (los “hilos” uno y seis, respectivamente) son aspectos particularmente importantes, porque además de que caracterizan a los ambientes informales, se centran en la generación de elementos indispensables para el logro del aprendizaje en cualquier contexto, en tanto que permiten aprovechar la experiencia previa y el interés de los visitantes. El “hilo” número seis, en particular, toma en consideración cómo los visitantes se ven a sí mismos respecto a la ciencia; es decir, se refiere al proceso mediante el cual los individuos se sienten cómodos sabiéndose conocedores o simplemente interesados en diversos aspectos de la ciencia.

De acuerdo con lo anterior, los ambientes de aprendizaje informal pueden desempeñar un papel especial en el fomento y la creación del interés por la ciencia, así como en la promoción del “trabajo de identidad” de los visitantes; es decir, los procesos a través de los cuales se construye, mantiene y adapta nuestro sentido de identidad personal, por el cual también persuadimos a otros a creer en esa identidad.

Hasta este momento la interactividad es vista y entendida en el campo de la museografía desde su aspecto funcional y como un punto clave para que los visitantes se sientan atraídos a actuar con los equipos y que éstos generen a su vez una respuesta; es así como el visitante **“participa del proceso de la**

investigación científica” a través de la puesta en marcha de sus habilidades propias o de la adquisición de nuevas habilidades (manipular, ensayar, explorar, predecir, preguntar, observar). Esta visión podría ubicarse en el “hilo” número tres. Si miramos a los equipos no sólo desde el punto de vista funcional, sino también con una intención pedagógica para comunicar la ciencia, entonces el producto de la interacción de los visitantes con los equipos (es decir, la interactividad) provee oportunidades para que los primeros logren estos seis “hilos del aprendizaje de la ciencia” en los MC y CC.

4. Resultados de aprendizaje y su evaluación en los MC y CC

Las características propias del proceso de aprendizaje que ocurre en los ambientes informales⁴⁶ dificultan la evaluación de los resultados de aprendizaje, que se entienden como los cambios dirigidos hacia el logro de objetivos finales, metas y propósitos de una exposición museística. Un ejemplo sería el número de personas que mejoran su conocimiento sobre un fenómeno como consecuencia de visitar una exposición en algún MC y CC⁴⁷. Además, la dificultad de la evaluación de los resultados de aprendizaje radica en la interpretación de los mismos, ya que es difícil separar los efectos de una simple visita respecto de otros factores que pueden estar contribuyendo a resultados que el investigador interpreta como positivos; otra dificultad es la elaboración de las pruebas para evidenciarlos (cuestionarios, entrevistas, observaciones, grabación de video y/o audio) a aplicar antes y después de la experiencia en los MC y CC. Como los

⁴⁶ El aprendizaje informal es más de tipo “autoexploratorio”, lo cual suele marcar una diferencia sobre el “formal”, que es más dirigido, lo que permite al visitante acercarse mejor a una motivación más intrínseca. Los contactos sociales y el aprendizaje colaborativo se dan de manera más natural y menos estructurada que en el contexto formal. La relación con los materiales y los objetos es directa, lo cual es indudablemente más significativo que cualquier mediación verbal, gráfica o virtual. Los mecanismos comunicativos suelen ser mucho más variados, estimulantes y escenográficos, situando al aprendiz en un ambiente nuevo, intrínsecamente estimulante, por lo que el entorno de aprendizaje y las actividades suelen ser más abiertas. El aprendizaje informal buscaría más decididamente una experiencia cualitativa que una cuantitativa, así como una exposición al conocimiento de mayor calidad, más real, y una experiencia más divertida basada en una vivencia personal más directa, desarrollada sobre mensajes generalmente más globales, significativos y menos analíticos (Asensio y Pol, 1998).

⁴⁷ Allen, 2008. “Framework for evaluating impacts of informal science education projects”. *Report from a National Science Foundation Workshop*.

ambientes informales están centrados en el visitante, entonces cada uno de ellos busca su propia experiencia, siendo ésta, única e irrepetible; por lo tanto, es difícil establecer un método que permita evaluar el impacto en el aprendizaje. A todo esto habrá que añadir que parte del problema de la recolección de datos para evidenciar los resultados de aprendizaje es evitar la interferencia en la experiencia única que vive el visitante por parte del investigador; ya que el reto es entonces documentar el aprendizaje que está ocurriendo durante y después de la experiencia en los MC y CC, sin sacrificar la libertad y espontaneidad como parte integral de la experiencia del visitante (Fenichel y Schweingruber, 2009).

En los ambientes informales, en particular en los museos, los logros a considerar en términos de aprendizaje son, por ejemplo, que los visitantes pueden desarrollar la metacognición, el interés, la motivación, las competencias sociales, así como la adquisición de conocimientos o habilidades, destrezas, y valores en relación con la ciencia. Por ello, en el diseño de experiencias de tipo informal en los MC y CC es importante que propicien el aprendizaje y que los aprendizajes a lograr estén debidamente articulados en la experiencia que vive el visitante, ya que esto se traduce en “lo que deberían llevarse los visitantes de una experiencia en el museo de ciencia” (Fenichel y Schweingruber, 2009). De esta manera, se puede decir que la debida articulación de los aprendizajes permitirá a los visitantes tener una experiencia “fluida”⁴⁸ para aprender más, puesto que son invaluable las conexiones que se originan entre las experiencias, las capacidades, las disposiciones y las nuevas oportunidades para aprender.

Dadas las mencionadas características de los ambientes de aprendizaje informal, ha sido difícil evidenciar los resultados de aprendizaje; aún así, tanto evaluadores como expertos y educadores que contribuyen al diseño de exposiciones han

⁴⁸ Csikszentmihalyi ha identificado la experiencia fluida como la sensación de estar plenamente implicado en una actividad, “al punto de olvidar el tiempo, la fatiga y todo lo demás, pero no la propia actividad”. Esto ocurre a menudo cuando el nivel de habilidad individual está muy relacionado con la dificultad o el reto de una tarea. En el ambiente del museo, los visitantes pueden experimentar el flujo cuando están interesados, comprometidos y dispuestos a participar en su propio nivel, así como cuando están abiertos al descubrimiento. Csikszentmihalyi y Rathunde sugieren que el flujo se puede caracterizar como “una combinación de estados de la experiencia que normalmente son excluyentes entre sí: el disfrute y la intensa concentración”. De hecho, la experiencia de flujo es tan agradable que las personas hacen todo lo posible para alcanzarla (Packer, 2006).

mostrado mucho interés en conocer cómo las experiencias informales contribuyen con el desarrollo del conocimiento y las capacidades científicas, y logran día a día un trabajo valioso. Han confiado en las interpretaciones cualitativas como evidencias del aprendizaje, en parte, “porque los investigadores están aún en un estado de exploración de las características del fenómeno, más que en la prueba de hipótesis cuantitativas” (Fenichel y Schweingruber, 2009). Por lo tanto, en la evaluación de los resultados de aprendizaje informal se han utilizado una amplitud de métodos, como cuestionarios, entrevistas estructuradas y semiestructuradas, grupos de enfoque, observación de los participantes, documentación visual y grabaciones de video y audio para la recogida de datos (Fenichel y Schweingruber, 2009).

Por lo anterior, con el fin de entender la naturaleza multifacética del aprendizaje informal de las ciencias, diversos autores (Fenichel y Schweingruber, 2009; Dierking, 2008 y Allen, 2008) han adoptado estos “hilos del aprendizaje de las ciencia”, marco de trabajo desarrollado por Duschl *et al.* (2007) y Bell *et al.* (2009); este marco conceptual que inicialmente se basó en un modelo lineal de cuatro “hilos” desarrollado por Duschl *et al.* (2007) para captar lo que significa aprender ciencias en el ámbito formal, y posteriormente Bell *et al.* (2009) que incorporaron dos “hilos” más a los ya propuestos por Duschl, reflejan que los visitantes tienen una participación especial y un interés sostenido, lo que es distintivo de un ambiente informal como lo es el MC y CC.

Cabe señalar que un aspecto importante de estos “hilos del aprendizaje de la ciencia” es que, al igual que las hebras de una cuerda, se entrelazan y cada uno de ellos da soporte y estructura a los demás “hilos”; además, reflejan concepciones que han sido desarrolladas de forma independiente en la investigación de los ámbitos informales, tan es así que diferentes autores con base en estas concepciones han evidenciado conductas, habilidades, valores propiciados en la visita a los MC y CC, aspectos que pueden ser interpretados como evidencia e indicadores de aprendizaje en los visitantes. A manera de ejemplo se muestra en la siguiente tabla que en el desarrollo del interés por la

ciencia (hilo número 1), si un visitante muestra emociones (expresadas en alegría, placer o cualquier emoción propia del propósito de la exposición) evidenciadas en la recogida de datos a través de algún instrumento de evaluación (entrevista, análisis de conversaciones de los visitantes, observación de la conducta entre otros instrumentos), éstas pueden ser interpretadas por los investigadores como resultados de aprendizaje (Fenichel y Schweingruber, 2009; Dierking, 2008 y Allen, 2008).

Tabla 10.

Características de los “hilos de aprendizaje”, resultados de aprendizaje, supuestos teóricos que subyacen para determinar los resultados de aprendizaje, indicadores e instrumentos para su evaluación.

Hilos del aprendizaje de la ciencia	Resultados de aprendizaje	Supuestos teóricos que subyacen	Indicadores (observables en el discurso y las acciones de los visitantes)	Instrumento para inferir de forma indirecta los resultados de aprendizaje
1. Desarrollar el interés en la ciencia	Emoción	La relación entre el estado de ánimo (conexiones específicas entre el afecto, el pensamiento y la configuración de la actividad) y la influencia en el aprendizaje aún no están bien entendidas, pero el interés es una puerta de enlace para profundizar en el aprendizaje.	Emoción positiva (las expresiones de alegría, placer, asombro, admiración, agradecimiento, sorpresa, intriga, interés, afirmación, inspiración, satisfacción y significado) Impulso y deseo	
	Interés	Tipos de interés: <ul style="list-style-type: none"> • Desencadenado. • Mantenido. • Emergente. • Bien desarrollado. 	Tipos y secuencia de interés	
	Motivación <ul style="list-style-type: none"> • Intrínseca. • Extrínseca. 	La motivación intrínseca es clave para el aprendizaje durante toda la vida, porque mucho de lo que la gente aprende proviene de los intereses espontáneos, la curiosidad y el deseo de dominar los problemas que afectan a su entorno.	¿Qué es lo que hace significativa la experiencia?	Entrevista Análisis de las conversaciones y

	Comodidad	La comodidad, tanto física e intelectual, está vinculada con el aprendizaje; en entornos diseñados se observa que el aprendizaje mejora.	Fatiga Distracción Ansiedad	de la conducta. Expresión (oral, escrita, gráfica) de los sentimientos.
	Agenda ⁴⁹	Las expectativas cognitivas, afectivas o sociales que se espera seguir o cumplir durante la visita (agenda) y el grado en que un visitante satisfaga o frustre la agenda puede afectar mucho sus recuerdos de las experiencias de aprendizaje.	Aprendizaje Disfrute Socialización	
2. Comprender el conocimiento científico	Conocimiento		Contenidos	<i>Personal Meaning Mapping</i>
	Comprensión		Conceptos	
	Aplicación		Ideas	Interrogatorio después de un tiempo, con el fin de medir el impacto de la visita.
	Análisis		Representaciones	
	Síntesis	El cambio conceptual (contraintuitivo) es reflejo de la apropiación del conocimiento.	Síntesis	
	Evaluación		Aplicación de los nuevos conocimientos y su relación. Recuerdo después de un largo tiempo.	Estudio de conversaciones
3. Participar del proceso de la investigación científica	Habilidades	La adquisición de una metodología basada en el cuestionamiento científico, en el reconocimiento de las propias limitaciones, en el juicio crítico y razonado, debe insertarse en todo proyecto de desarrollo de la persona y colaborar en la formación de un	Habilidades (observación, identificación)	Análisis de las conversaciones.
	Destrezas		Destrezas (manipulación y exploración de objetos y variables, predicción, formulación de preguntas).	Discurso perceptual.
	Resolución y planteamiento de problemas			
	Hacer significativa la experiencia		Niveles de	Conexión entre la experiencia

⁴⁹ Este elemento, Bell *et al.* (2009) lo ubican dentro del hilo número seis, en tanto uno de los aspectos del desarrollo de la identidad, esto es, las expectativas cognitivas, afectivas, sociales y metas que los visitantes esperan alcanzar o cumplir durante el evento. Pero también puede ser considerada como resultado de aprendizaje que permita observar el interés y las motivaciones intrínsecas que tienen los visitantes de los MC y CC en el desarrollo del interés por la ciencia.

		<p>ciudadano capaz de tomar sus propias decisiones, ya que prepara y favorece en éste una actitud crítica, razonable.</p>	<p>aprendizaje: identificar, describir, interpretar y aplicar o enlistar, analizar, sintetizar y explicar.</p> <p>Sacar conclusiones, generalización y la argumentación</p>	<p>personal y la exposición.</p> <p>Buscar: "qué tal si" más que , "por qué"</p>
<p>4. Reflexionar acerca de la ciencia como una forma de conocimiento.</p>	<p>Debate Cuestionamiento Discusión Análisis</p>	<p>La reflexión sobre los temas o los procesos de la ciencia desde una perspectiva social e histórica permite ver a la ciencia como un esfuerzo humano, además de pensar acerca de su naturaleza y la generación de conocimiento científico.</p> <p>La propia reflexión sobre la forma de aprender de los visitantes</p>	<p>Comentarios con enfoque CTS</p> <p>Comentarios metacognitivos y reflexivos (evaluación personal), sobre el uso de la exposición o equipos.</p>	<p>Entrevistas Cuestionarios video</p>
<p>5. Participar en actividades científicas y de aprendizaje con otros</p>	<p>Trabajo en equipo (cooperación) Formas de comunicación y razonamiento Uso de herramientas e instrumentos</p>	<p>El involucramiento en las formas de comunicación y razonamiento que son modelo de la comunidad científica permiten apropiarse del conocimiento y también generarlo.</p>	<p>Comunicación verbal y el discurso (evidenciando la explicación, la síntesis, la argumentación y el análisis, haciendo conexiones).</p> <p>Uso de la terminología científica</p> <p>Interacciones sociales</p>	<p>Análisis de conversaciones Video Evaluación del uso de herramientas científicas.</p>

		Comunicación escrita (uso de gráficos, representaciones, fórmulas matemáticas).	
6. Apropiarse de una cultura científica, "trabajo de identidad"	Conocimiento previo y experiencia	Las conexiones verbales entre las experiencias y observaciones anteriores y las nuevas sugieren que los niños pequeños aprenden ciencia mediante la construcción de "islas de experiencia", o temas en los cuales están interesados o que son conocedores y que perduran por periodos de semanas, meses o años.	Conocimiento previo y la relación con el conocimiento nuevo. Análisis de las conversaciones, estudio de cambios en la conducta, entrevistas antes y después de la visita.
	Compromiso personal para cambiar o proponer acciones	Otro aspecto de la identidad personal en relación con la ciencia es la progresiva comprensión de las consecuencias de las propias acciones en el mundo y el potencial para cambiar las acciones a la luz de la evidencia científica.	Actitudes y valores Respuestas afectivas y acciones a temas o problemas concretos
	Pasión por la ciencia	Estas experiencias pueden servir como un impulso general o específico para crear vocaciones.	Trabajo de identidad Vocaciones

Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que estos "hilos" aún no han sido probados empíricamente (Fenichel y Schweingruber, 2009); sin embargo, actualmente están siendo considerados como aspectos a evaluar en los MC y CC, ejemplo de ello lo constituyen documentos como "Evidence and categories of informal science education (ISE) impacts" (Dierking, 2008), documento que a su vez forma parte del documento *Framework for evaluating impacts of informal science. Report a National Science Foundation Workshop* (Allen, 2008) y "Assessing Learning Outcomes", que está

integrado en *Surrounded by science: Learning science in informal environments*. National Research Council (2009). Por lo tanto, para Fenichel y Schweingruber (2009), y Dierking (2008) y Allen (2008), estos “hilos” reflejan y evidencian la adquisición de habilidades prácticas, así como de aprendizajes conceptuales, y aspectos reflexivos acerca de la ciencia, es decir, abarcan conocimientos, habilidades, actitudes, hábitos mentales y pueden servir como un recurso importante para orientar el diseño de experiencias de aprendizaje informal, y sobre todo, para articular los resultados deseados en los visitantes.

Por lo anterior, Allen (2008) y Fenichel y Schweingruber (2009), convencidos de que el aprendizaje de la ciencia en ambientes informales implica el desarrollo de intereses, actitudes, conocimientos y competencias, y no solamente el aprendizaje de “hechos”, propusieron una estructura más flexible que puede ser identificada y evaluada en estos ambientes informales a través de “5 categorías de impacto⁵⁰ en la audiencia” estas cinco categorías tienen mucha similitud con los seis “hilos” discutidos anteriormente; éstas son: 1) conocimiento (similar al “hilo” 2, comprender el conocimiento científico), impacto que se refiere al conocimiento, la conciencia o comprensión que desarrollan los visitantes y que pueden expresar en palabras o imágenes que ilustran lo que han aprendido durante, inmediatamente, o mucho tiempo después de una experiencia determinada; 2) participación (similar al “hilo 1”, desarrollar el interés en la ciencia), impacto que se centra en las emociones evocadas por la experiencia, las cuales pueden variar desde la emoción y la alegría, hasta los sentimientos negativos como la ira o la tristeza; 3) actitud (al igual que los “hilos” 1 y 6, desarrollar el interés por la ciencia y apropiarse de una cultura científica), impacto que se refiere a un cambio en la visión del mundo, expresado en el aumento de empatía como resultado de una experiencia en un ambiente informal; 4) comportamiento, impacto que se refiere a aquellas exposiciones cuyo propósito es cambiar los comportamientos a largo

⁵⁰ La identificación de estas categorías de impactos en la audiencia se basó en el análisis de un examen exhaustivo de los informes finales y las evaluaciones sumativas de una muestra representativa de diferentes proyectos de Educación Informal de la Ciencia (ISE) (por ejemplo, la participación en programas comunitarios de divulgación de la ciencia, las visitas a museos de ciencias, usuarios de sitios web, programas de televisión o radio, entre otros) que llevó a cabo la National Science Foundation con la finalidad de entender mejor el impacto que tienen ciertos proyectos de educación informal de la ciencia.

plazo de los visitantes, por ejemplo cambios en la conducta que se reflejen en el cuidado del medio ambiente o su conservación; y 5) habilidades (similar al “hilo” 3, participación del proceso de investigación científica a través del uso de herramientas y del lenguaje de la ciencia), impacto que se centra en habilidades de la investigación científica tales como la observación, la realización de preguntas, la predicción, la puesta en prueba de predicciones a través de la experimentación, la recopilación de datos y su interpretación. Las categorías de impacto se describen en la siguiente tabla:

Tabla 11.

Categorías de impacto en el público y su definición de acuerdo con *Report from a National Science Foundation Workshop* (Dierking, 2008). Los indicadores para evaluar estas categorías de impacto son tomadas de Allen (2008).

Categoría de impacto	Definición	Evidencia/indicadores
Conocimiento, conciencia y comprensión	Demostración medible, cambio en, o el ejercicio de toma de conciencia, conocimiento, comprensión de un tema científico en particular, conceptos, fenómenos, teorías.	<p>Síntesis verbal de la experiencia con la exposición o con el equipo.</p> <p>Expresa la “la idea principal”, o las conexiones entre aspectos científicos, tecnológicos de ingeniería y matemáticos (STEM) de la exposición con su cotidianeidad.</p> <p>Comprensión de conceptos que refuercen su conocimiento previo.</p> <p>Hacer inferencias.</p> <p>Recuerdo de la experiencia a través del tiempo, especialmente aspectos de la experiencia relacionados con STEM, conceptos, procesos o actividades.</p>
Participación e interés	Demostración medible, cambio en, o el ejercicio de participación/interés, en particular de un tema científico.	Nivel de participación, interés a corto y largo plazo.

Actitudes	Demostración medible, cambio en ejercicio de la actitud hacia un tema científico en particular, conceptos, fenómenos, teorías o capacidades relativas a estas áreas. Aunque es similar a la conciencia / interés / participación, las actitudes se refieren a cambios relativamente estables, imposibles de controlar, gestionar o resolver (tales como la empatía por los animales y sus hábitats), así como al reconocimiento del papel de los científicos en la sociedad o las actitudes hacia la investigación con células madre.	Actitudes que no existían antes de la visita a la exposición (se recomienda evaluar las actitudes en diferentes momentos, antes, durante y después de la visita).
Conductas	Demostración medible, cambio en ejercicio de conducta relacionado con temas científicos, tecnológicos, de ingeniería y matemáticos (STEM). Este tipo de impactos son particularmente relevantes para aquellas exposiciones que son de naturaleza ambientalista o que tienen algún tipo de enfoque científico respecto a la salud, ya que la acción es un resultado deseado.	Cambio medible en las acciones posteriores en su vida cotidiana que llevan a cabo los visitantes después de la visita.
Habilidades	Demostración medible del desarrollo o reforzamiento de habilidades (ya sea totalmente nuevas o el fortalecimiento de las mismas). Éstos tienden a ser aspectos procedimentales, no declarativos del conocimiento. Aunque a veces pueden manifestarse en forma de participación, por lo general se observan habilidades que incluyen un nivel de profundidad y habilidades de investigación científica (observación, clasificación, explorar, preguntar, predecir o experimentar), así como el desarrollo/práctica de habilidades muy específicas en relación con el uso de instrumentos científicos y de los dispositivos (por ejemplo, utilizar microscopios y telescopios exitosamente).	Uso de los equipos interactivos. Extracción de información relevante a partir de las cédulas o de los dispositivos. Compartir recursos e información con otros visitantes, la enseñanza escalonada entre los visitantes, la negociación de las actividades durante la experiencia.
Otros	Aplicado a proyectos específicos. ⁵¹	

⁵¹ Dierking (2008) propuso que esta categoría de impactos no encaja en cualquiera de las otras categorías, un ejemplo podría ser un proyecto ISE (Educación Informal de la Ciencia) que está diseñado para impactar en la creatividad del público. La creatividad, como tal, puede ser clasificada en una o varias de las cinco categorías

5. Conclusión del capítulo

Dentro del campo de la museología, el término “interactivo” ha sido trasladado desde las ciencias de la computación y adoptado por los MC y CC, en este contexto tiene un amplio rango de significados y aplicaciones, en los museos de ciencias lo “interactivo” puede entenderse como un conjunto de propiedades inherentes a la interacción; esto no es otra cosa que la acción recíproca que se ejerce entre dos o mas objetos, entre agentes, fuerzas, funciones etcétera. Estas propiedades le confieren capacidad a los MC y CC, para satisfacer las necesidades implícitas o explícitas de sus propósitos. El término “interactividad”, podemos entenderlo como la capacidad o aptitud que los visitantes ejercen dentro del propio museo de forma casi automática, respondiendo a los estímulos que el propio museo a través de sus exposiciones incita. Sin embargo, diversos autores consideran además que la cualidad “interactividad” en los MC y CC refleja un alto potencial educativo, por lo que debe ser entendida no sólo en términos de la funcionalidad de los equipos museísticos —como en un principio se asumía—, sino del enfoque pedagógico con el que éstos se construyen en el logro de los objetivos de aprendizaje de la ciencia propuestos por los MC y CC.

Podemos concluir que la “interactividad” implica una forma de propiciar la comunicación de la ciencias, vista desde la intención de los MC y CC; pero desde el punto de vista de los visitantes es esa capacidad de hacer, que constituye la interacción (variedad de acciones de diferente tipo) entre los visitantes, y entre los equipos museográficos y los visitantes; que además da origen a una experiencia, en donde se establece una relación entre lo cognitivo y lo afectivo, producto de la incitación de los estímulos que los MC y CC provocan a través de sus exposiciones (ver figura 7).

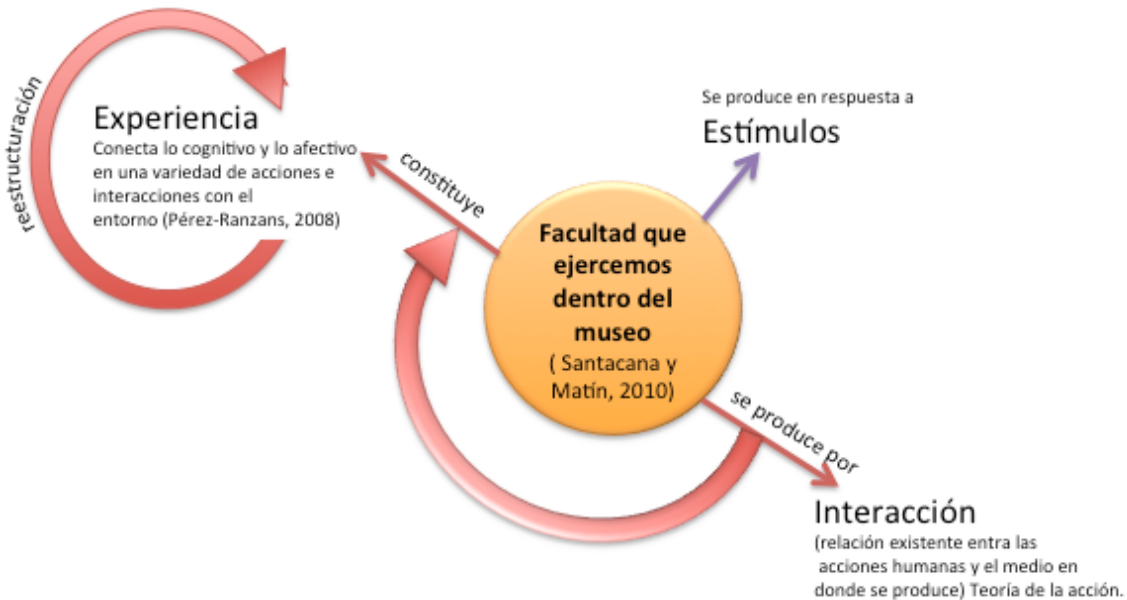


Figura 7.
"Interactividad" en el museo de ciencias, una forma de propiciar la comunicación de las ciencias.
Fuente: Elaboración propia.

Aunque originalmente se planteaba que los equipos interactivos eran aquéllos que propiciaban la participación activa de los visitantes, esta visión queda en desuso, pues los equipos que el museo expone no deben ser vistos únicamente por sus características funcionales (Spock, 2004); lo que los hace ser equipos interactivos es que, además de propiciar la participación activa del visitante, de acuerdo con su diseño, permiten que el visitante se enfrente a opciones de final abierto o cerrado. De ahí que describir la experiencia que viven los visitantes en el museo de ciencia, y que es importante para los propósitos de este trabajo de investigación, no es posible a través del uso exclusivo de estos términos. Por ejemplo, Adams *et al.* (2004) argumentan que el término "interactividad" debiera ser sustituido por el de "**experiencia interactiva**", el cual es más apropiado para describir la vivencia que se tiene en el visitante cuando éste actúa con los equipos museográficos en un ambiente informal de aprendizaje.

En intentos por aproximarse al fenómeno que ocurre entre los equipos y los visitantes, se ha descrito a este fenómeno como aprendizaje informal, y se ha evaluado desde diferentes perspectivas; por ejemplo, en los MC y CC autores contemporáneos en exhaustivas revisiones bibliográficas han concluido y propuesto un marco conceptual que les permite sistematizar en “resultados de aprendizaje” el logro de objetivos clave de estos ambientes de aprendizaje no formal, de tal manera que los llamados “seis hilos del aprendizaje de la ciencia” y las “cinco categorías de impacto” han constituido una guía para conocer y medir el grado en el que los visitantes han incrementado su comprensión y conocimiento de la ciencia y la tecnología mediante pruebas “objetivas” en la evaluación de estos propósitos. Sin embargo, se ha visto que en el aprendizaje informal, además de lo cognitivo, son muy importantes los componentes afectivos y manipulativos; no obstante, el primero no es equivalente a una “experiencia interactiva”, aunque ésta tiene mucho que ver con el aprendizaje social grupal y es a lo que se abocará la parte empírica de esta tesis.

Para finalizar, es importante considerar que aunque los museos de ciencias trabajan en un ámbito de la educación informal, es decir, que existe una intencionalidad educativa y una planificación de las experiencias de enseñanza-aprendizaje, en palabras de Anderson *et al.* (2003), el carácter altamente estimulante, divertido y novedoso con el que suele asignarse a estos ambientes de aprendizaje no formal tampoco es garantía de que los visitantes aprenderán conceptos científicos y sus aplicaciones como "ocurre" en el ámbito de la escuela obligatoria. Por ello no basta con asociar el éxito o fracaso en la intencionalidad educativa de los MC y CC a la "interactividad"; es necesario mirar a través del cristal de diferentes modelos que aporten información sobre cómo se apropian y construyen su conocimiento los visitantes en estos ambientes de aprendizaje no formal. El fenómeno que se produce entre el museo y los visitantes puede explicarse a través del modelo de “la experiencia interactiva” propuesto por Falk y Dierking (1992 a y b). Con base en este modelo, en el siguiente capítulo se planteará la metodología de investigación a realizar.

2.^a PARTE

CAPÍTULO V

El modelo de la experiencia interactiva y la memoria de los visitantes

Introducción

En capítulos anteriores hemos visto que para evaluar el impacto de las exposiciones los investigadores han observado y entrevistado a los visitantes antes, durante y después de la visita a los MC y CC. Los resultados de estas investigaciones han generado que se asignen diferentes significados a la experiencia que viven los visitantes en el museo, y uno de éstos significados tiene que ver con el aprendizaje; es desde este enfoque que los profesionales de los museos describen la forma en que se desea que los visitantes experimenten las exposiciones.

Por lo anterior, ante la insistencia tanto de educadores como de evaluadores muchos diseñadores de exposiciones se preguntan: “¿qué es lo que los visitantes conocen o entienden después de visitar una exposición que antes no conocían o entendían?”, bajo la hipótesis de que las exposiciones propician tanto un cambio de comportamiento como la adquisición de algún tipo de aprendizaje. Ésta es sólo una de tantas preguntas que podrían hacerse durante el proceso de la visita a los MC y CC, pero realmente los visitantes viven una variedad de experiencias que hasta ahora no son consideradas durante este proceso. Si los diseñadores de exposiciones tuvieran una comprensión del potencial emocional y social de las experiencias que viven los visitantes, no buscarían como producto el aprendizaje formal como algo fundamental; ya que, además de éste, hay un continuo de experiencias que experimentan y, por lo mismo, éste no es el único resultado justificable de la visita. Además, el aprendizaje quizá no sucede de inmediato a la experiencia, sino hasta que el visitante lo incorpora en otro momento y lo relaciona con otras experiencias (Korn, 1992). Por lo anterior, se hace necesario explicar lo que se entiende por la experiencia que se vive a través de la visita a un MC y CC. Para hacerlo, resulta de

utilidad el “modelo de experiencia interactiva” planteado por Falk y Dierking en 1992. A continuación la explicación.

1. El modelo de la experiencia interactiva

La comprensión de la conducta del visitante dentro del museo es una tarea muy difícil; Falk y Dierking (1992a) proponen un enfoque interesante para abordar este problema. Dicho enfoque consiste en conceptualizar la visita al museo como una “experiencia interactiva”, la cual resulta en un rango de resultados posibles que van desde cambios de actitudes y aumento de habilidades sociales hasta un incremento en el conocimiento de los visitantes. Falk y Dierking (1992b), en su publicación “The museum experience”, sintetizaron (con base en una serie de trabajos previos enriquecidos con numerosas otras publicaciones en las áreas de evaluación de museos, educación y psicología) “**el modelo de la experiencia interactiva**” (Mortara, 2005). “En el corazón del modelo está la perspectiva centrada en el visitante y la noción de que toda la experiencia y el subsecuente aprendizaje es contextual”. Falk y Dierking (1992b) propusieron investigar el aprendizaje en el museo y en qué situaciones sería posible afirmar que éste se produjo; a su vez, consideran que “dada la multiplicidad de visitantes y tipos de museos, tratar de entender por qué los visitantes van a los museos, que es lo que hacen, y lo que ellos recuerdan es un reto importante. Nos hemos acercado a este reto desde la perspectiva del visitante y hemos conceptualizado la visita al museo como la participación de una interacción entre tres contextos, el personal, el físico y el social”.

Desde la perspectiva de este modelo, la interacción de estos tres contextos crea la experiencia que resulta única para cada visitante. El modelo (figura 7) puede ser visualizado como un grupo de tres esferas (contextos) interactuando (Falk y Dierking, 1992a):

- Contexto personal, es decir, el perfil psicológico del visitante, el cual incluye conocimientos previos, experiencia, actitudes, motivaciones e intereses.

- Contexto físico, en el que se incluyen los objetos y artefactos (equipos), así como la arquitectura y el ambiente del edificio.
- Contexto social de la experiencia, incluye aquellas otras personas con las que asiste el visitante, así como los encuentros durante la experiencia, tales como el personal del museo y otros visitantes.



Figura 7. Modelo constructivista-contextual del aprendizaje, propuesto por Falk y Dierking (2000).

La experiencia en el museo ocurre en parte, dentro del contexto físico, a través de una colección de estructuras físicas, objetos y equipos. Dentro del museo es el visitante quien percibe el mundo a través de su contexto personal y comparte esa experiencia con otras personas, cada una con su propio contexto personal, las cuales crean en conjunto un contexto social.

En un momento dado, cualquiera de los tres contextos puede tomar mayor importancia o ser de mayor influencia en el visitante, cuya experiencia puede ser pensada como una interacción continua y cambiante entre el contexto personal, el

social y el físico. El modelo de experiencia interactiva predice que la experiencia del visitante puede ser entendida mirando a través del tiempo las intersecciones de los tres contextos; asimismo, propone también que aunque los tres contextos pueden ser vistos separadamente, funcionan en los hechos como un todo integrado, de manera que el modelo provee de una perspectiva para una comprensión de la experiencia total del visitante, es decir, una experiencia rica emocional, intelectual, física y social (Falk y Dierking, 1992b).

Visto desde la perspectiva de este modelo, el aprendizaje adquiere otras dimensiones, ya que para estos mismos autores el poder evaluar el aprendizaje implica considerar la riqueza de experiencias que se viven dentro de los museos, además de tomar en cuenta los recuerdos (de larga duración) y sus relaciones con otros más recientes que se propician durante la visita a los MC y CC. Desde este enfoque, el modelo de la experiencia interactiva abarca ciertos elementos de las teorías del aprendizaje, y además establece la importancia del papel que juegan en éste variables tales como la motivación, las creencias y actitudes propias del contexto personal y de las influencias de los contextos social y físico.

Este modelo considera que el aprendizaje en los ambientes informales es: “un proceso activo de asimilación y acomodación de información dentro de un contexto social, físico y personal, que va más allá de la mera asimilación de información y requiere la activa acomodación de la información en estructuras mentales, las cuales permiten usar esta información en un momento posterior”. Así, el aprendizaje puede ser visto como un proceso dinámico que ocurre en la intersección de los tres contextos definidos en el modelo de la experiencia interactiva (Falk y Dierking, 1992b).

El modelo de estos autores fue perfeccionado posteriormente por ellos mismos, con la inclusión de una dimensión temporal que permite considerar al aprendizaje como un proceso que ocurre en diferentes tiempos para cada persona. Esta nueva versión, denominada “modelo contextual de aprendizaje”, añade al análisis de la experiencia interactiva del visitante una dimensión diacrónica; asimismo, propone que la construcción de nuevo conocimiento se da meses e incluso años después

de la experiencia de la vista al museo (Mortara, 2005) o, como lo señaló Korn (1992), sucede cuando el visitante incorpora el conocimiento a otros niveles.

El modelo de Falk y Dierking (2000) sugiere que el aprendizaje puede ser entendido como un diálogo entre el individuo y su entorno a través del tiempo, entendiendo el diálogo como un proceso a la vez que un producto de las interacciones entre un individuo y su contexto personal, sociocultural y físico de tal manera que el aprendizaje constituye un esfuerzo dirigido para dar sentido a fin de sobrevivir y prosperar en el mundo.

2. La relación entre memoria y experiencia interactiva

Si consideramos que toda actitud, comportamiento, valor y conocimiento “producto del aprendizaje o de los actos de pensamiento o cognición ocurre en un contexto y situación determinada, y es resultado de la actividad de la persona que aprende en interacción con otras personas en el marco de las prácticas sociales que promueve una comunidad determinada” (Díaz Barriga, 2006), entonces los MC y CC son ambientes adecuados para el aprendizaje significativo, porque ofrecen experiencias multisensoriales y además propician recuerdos durante un proceso activo en el que las experiencias pasadas son conectadas a experiencias recientes. Dichas experiencias relacionadas por los contextos personal, físico y social, forman parte, permanecen almacenadas y pueden ser usadas como conocimiento disponible, una vez que la visita al museo ha terminado.

La evocación de la experiencia vivida en forma de sucesos o eventos (información almacenada) que emerge después de la visita al museo es un importante ingrediente en el fenómeno del aprendizaje. Por lo tanto, el aprendizaje y la memoria están estrechamente relacionados, lo que significa que no sólo la información cognitiva se codifica en la memoria, sino también la experiencia afectiva y psicomotora. Estos dos procesos íntimamente relacionados (aprendizaje y memoria) constituyen dos momentos a través de los cuales los sistemas vivos manejan y elaboran la información proporcionada por los sentidos (Aguado, 2001).

"En estudios a cerca de la memoria y el aprendizaje se distinguen fundamentalmente actividades de almacenamiento y recuperación, almacenar significa atender, codificar, aprender, en tanto que recuperar se refiere a reconocer, recordar, reconstruir el recuerdo" (Ramírez *et al.*, 2005, p.94). Habrá que hacer hincapié en que los visitantes de los MC y CC no necesariamente catalogan los recuerdos visuales de los objetos y las cédulas en esquemas conceptuales (como si estuvieran en el ámbito escolar), sino que asimilan los eventos y las observaciones en categorías mentales de carácter y significado personal, las cuales están determinadas por acontecimientos de la vida de los visitantes, antes, durante y después de la visita al museo (Falk y Dierking, 1992). Para Ramírez *et al.*, (2005) lo que se recuerda está influido por lo que ya se conoce y lo que se infiere acerca del pasado, de ahí que que la memoria es un proceso dinámico influido por el conocimiento general y los marcos conceptuales, recordar no es sólo cuestión de consultar un registro estático; es una construcción o reconstrucción dinámica del pasado.

Desde esta perspectiva, autores como Bitgood (1994) discuten que estudios en los que se ha intentado medir el poder de atracción, la capacidad de retención, ganancia de conocimiento y cambio de actitud posterior a la visita a un museo de ciencias, fallan al evaluar únicamente como resultado del aprendizaje las experiencias de tipo semántico (conocimiento). Bitgood ejemplifica esta problemática discutiendo el resultado de una investigación realizada por Peart (1984), la cual arroja que en los visitantes que leyeron las cédulas, sólo se pudo evidenciar la ganancia de conocimiento. De ahí que Bitgood (1994) haya lamentado que limitarse exclusivamente a medir la memoria de conocimiento (semántica) para el caso de los MC y CC, por un lado, se propicia la conclusión incompleta de que la adquisición de conocimientos se produce en poca cantidad y, por otro lado, que no se está evaluando la gama de otros posibles resultados. Otro ejemplo lo constituye la investigación realizada por Peart y Kool (1998), la cual

incluía dioramas⁵² como parte de la exposición evaluada; de esta investigación, Bitgood argumenta nuevamente que se intentó evaluar el conocimiento a través de la memoria semántica de los visitantes, y no se tomó en cuenta que los dioramas involucran experiencias visuales, de tal manera que una prueba visual para evidenciar el conocimiento adquirido es más apropiada para evaluar el impacto que una prueba de memoria de conocimiento (semántica).

Bitgood y Cleghoorn (1994) midieron en los visitantes la cantidad y el tipo de recuerdos de diferentes exposiciones del Anniston Museum of Natural History; se les preguntó el nombre de los objetos observados, el contenido de las cédulas, si recordaban o no sus impresiones sensoriales (temperatura de la exposición, oscuridad y sonido, es decir la ambientación). Sus resultados muestran que los objetos que propiciaron en los visitantes los recuerdos más reales son los más recordados y que esos objetos además tenían elementos distintivos que los caracterizaban por el tamaño, forma o movimiento; siendo estas características las relacionadas con el poder de atracción y la capacidad de retención de los visitantes por las exposiciones. Estos autores concluyen que los objetos exhibidos propician una memoria visual, más que una de tipo semántico, y son el corazón de muchas experiencias que se viven en el museo, por lo tanto es “irónico que el conocimiento semántico, el más pobremente recordado y el menos entendido, sea también el que con más frecuencia (sino es que exclusivamente) se mida”. Por último, Bitgood (1994) apuntala que si bien las experiencias visuales concretas no son el mejor vehículo para la comunicación de conocimiento semántico, su papel para la comunicación de otros tipos de conocimiento (visual o impresiones sensoriales) no debe ser ignorado.

En su publicación “Evaluating learning”, Ferguson (1998), al igual que Bitgood (1994) y Bitgood y Cleghoorn (1994), discute que los métodos que se han utilizado para detectar el aprendizaje de los visitantes en los MC y CC en realidad no miden el conocimiento, sino lo que las personas recuerdan acerca del contenido de la

⁵² Es la reproducción física, normalmente en tamaño reducido, de algo real o ficticio. Otras definiciones de maqueta con variantes en el sistema de presentación son los dioramas.

exposición. Estos métodos utilizados en un intento por evidenciar el nivel de conocimiento a través de la comparación en tres momentos de la visita (antes, durante y después) miden principalmente la memoria semántica, más que el conocimiento o la comprensión del mismo, por lo tanto, según Ferguson (1998), deben dejar de utilizarse. Esta misma autora considera que si los investigadores están tratando de medir holísticamente la experiencia del visitante y obtener una amplia comprensión de lo que aprenden, que se enfoquen sólo en el conocimiento cognitivo y la memoria semántica significa dejar de lado el aprendizaje sensorial o el aprendizaje afectivo (el cual involucra el reforzamiento o cambio de actitudes, creencias y sentimientos).

Si consideramos al aprendizaje, como ya se ha dicho, un diálogo entre el individuo y su entorno a través del tiempo, entendiendo el diálogo como un proceso y a la vez un producto de las interacciones entre un individuo y su contexto personal, sociocultural y físico, tal como lo plantearon Falk y Dierking (2000); el argumento de Ferguson (1998) adquirió importancia, ya que se basa en que los visitantes son capaces de recordar nueva información, la cual no es realmente aprendida sino hasta que ha sido subsecuentemente reforzada, y probada (esto constituye un proceso) por los mismos visitantes; por lo tanto, es necesario tomar en cuenta la diferencia entre recuerdos y aprendizaje significativo⁵³ para la evaluación de las exposiciones, ambos derivados de la visita a los MC y CC. A continuación, será necesario abrir un paréntesis para dar pie a explicar los tipos de memoria y los sistemas de memoria, así como su relación con el aprendizaje.

⁵³ El aprendizaje significativo es definido por Ausubel y colegas como la vinculación de la nueva información a los actuales conceptos y principios en la estructura de conocimiento del aprendiz. La red de relaciones establecidas durante este proceso permite a un alumno recordar lo aprendido después de largos periodos de tiempo y aplicarlo a las nuevas situaciones o problemas. En el contexto del museo, el aprendizaje significativo puede involucrar la observación de objetos, la lectura de las cédulas, el hablar con amigos y familiares; al hacerlo, el visitante acomoda nuevas ideas o información dentro su estructura de conocimiento existente. La información es altamente contextualizada por los contextos personales, sociales y físicos. Y pasa a formar parte del almacén de conocimiento permanente del visitante, disponible para su uso a largo tiempo (Falk y Dierking, 1992b).

3. Los sistemas de memoria

A partir de diversos hallazgos clínicos se observó que pacientes con traumas cerebrales perdían un tipo de información mientras que otra se preservaba, por ejemplo algunos perdieron la capacidad de recordar hechos o eventos recientes, pero podían adquirir hábitos motores, esto llevó a los investigadores a proponer que existen diferentes tipos de memoria. En este sentido, el avance es que la memoria está organizada en sistemas; Tulving (1972) es uno de los defensores que se manifiestan a favor de la existencia de cinco sistemas principales de memoria, que son: la memoria episódica, la semántica, la procedimental, la primaria y un sistema de representación perceptiva (tabla 12).

Tabla 12.
Sistemas y subsistemas de memoria.

Sistemas de memoria	Otros términos	Subsistemas de memoria
Procedimental (procedural)	No declarativa	Habilidades motoras Habilidades cognitivas Condicionamiento simple Aprendizaje asociativo simple
Representación perceptual	No declarativa	Forma visual de palabras Forma auditiva de palabras Descripción estructural
Memoria de corto Plazo (primaria)	Trabajo	Visual Auditiva
Memoria semántica	Genérica Factual Conocimiento	Espacial Relacional
Memoria episódica	Personal Autobiográfica Memoria de sucesos	

Fuente: Tulving y Schrater (1994).

Posteriormente, en 1994, Tulving y Schrater en función de los mecanismos cerebrales involucrados, del tipo de información que manejan y de los principios de sus operaciones definen cinco sistemas de memoria:

- **La memoria procedimental** subyace en la ejecución de varias habilidades cognitivas y motoras sin consciencia del momento ni del lugar de adquisición, es decir, opera en automático más que en un nivel conscientemente controlado.

- **El sistema de representación perceptual** juega un importante papel en la identificación de objetos y palabras, opera a un nivel pre-semántico.
- **La memoria episódica** es la que recoge el recuerdo para sucesos específicos, normalmente autobiográficos, que son únicos para un individuo y están definidos por contextos espaciales y temporales concretos.

Para Tulving y Schrater (1994), las memorias de corto plazo y episódica son explícitas⁵⁴ "y el resto (procedimental, primaria y semántica) implícitas⁵⁵". Además, todos estos sistemas de memoria —con excepción de la memoria procedimental— expresarían funciones cognitivas. Las memorias semántica y episódica son consideradas como dos subsistemas independientes, en donde la información nueva entraría a la memoria semántica a través de los sistemas perceptuales; sería, a su vez, la memoria semántica la que permitiría alimentar a la episódica (Passig, 1995).

4. La memoria de los visitantes en los MC y CC

Ferguson (1998), al igual que Falk y Dierking (1992 a y b), así como Korn (1992), consideran que el aprendizaje es reforzamiento, consolidación y reformación del conocimiento previo de los visitantes, por ello Ferguson (1998) considera que la interacción de los tres contextos (entre ellos el personal en el que se incluye el conocimiento previo) propuestos por Falk y Dierking (1992 a y b) crea la experiencia en los visitantes, y los recuerdos de la visita se establecen y sirven de base para que el aprendizaje ocurra. Se ha visto que los visitantes no son capaces de reconocer o reproducir en sus mentes lo que vieron en la exposición, sino que utilizan la información de la exposición de alguna manera para relacionarla con la información que han internalizado en el pasado⁵⁶.

⁵⁴ Lo que se recuerda conscientemente como una experiencia personal.

⁵⁵ Expresión de información almacenada sin consciencia de su adquisición en el tiempo y el espacio.

⁵⁶ Passig (1995) considera que una de las posturas vigentes en el estudio de la memoria aboga por la teoría del procesamiento de la información, la cual asume que las capacidades mentales superiores (en este caso, la

Desde esta perspectiva, en trabajos como los de Bitgood (1994), Bitgood y Cleghorn (1994) y MacManus (1993), se han realizado encuestas a los visitantes, preguntándoles abiertamente e indagando sobre la sección o el equipo que les resultó más interesante, o preguntando qué tipo de mensaje recibieron o respecto del impacto emocional que les suscitó la exposición. Estas preguntas abiertas tienen la finalidad de encontrar y conocer cuáles objetos y cosas contribuyen a la elaboración de conclusiones y comprensión sobre un cierto hecho.

En particular, Barnard y Loomis (1994) han encontrado que la información interpretativa o semántica adquiridas en un ambiente de museo no puede ser recordada inmediatamente. Desde esta perspectiva, estos autores han realizado encuestas en donde se estimula o activa la memoria visual de los visitantes, así el estímulo permite la relación de un recuerdo con otros y, a su vez, que estos sean reconocidos por el visitante; por ejemplo, mostrando a los visitantes una foto sobre algo que con anterioridad han visto. De ahí que Ferguson (1998) haya argumentado que “podemos aprovechar eficazmente los recuerdos semánticos utilizando imágenes visuales, como fotografías, que sirven de estímulos. Si estas imágenes son presentadas y reconocidas por los encuestados, esto puede traer a la mente recuerdos semánticos asociados. En otras palabras, el uso de fotos puede ser otra herramienta en el descubrimiento y la evaluación del aprendizaje cognitivo”.

Entre las técnicas utilizadas para medir el impacto de la visita a museo, MacManus (1993) solicitó en un entrevista a los visitantes que escribieran libremente lo que recordaban de la visita a la “*Gallery 33*” en el Birmingham Museum and Art Gallery del Reino Unido. De los resultados obtenidos estableció cinco tipos de categorías de recuerdos y para cada una de ellas obtuvo un porcentaje de un total de 136 visitantes:

memoria) pueden subdividirse en distintos procesos fundamentales. Cualquier sistema de almacenaje de información, sea biológico o artificial, precisa, además de un nivel mínimo de atención, ser capaz de codificar o registrar la información, almacenarla (preferiblemente sin mucha pérdida u olvido y, consecuentemente, poder recuperar o acceder a esa información, es decir evocarla (proceso consciente de acceso a la información almacenada).

1. Objetos y cosas	51%
2. Eventos episódicos	23%
3. Sentimientos y juicios experimentados en el momento de la visita	15%
4. Recuerdos basados en recuerdos pasados	10%
5. Contenido (científico) de la exposición	-

Por su cuenta, Bitgood y Cleghorn (1994) realizaron una “entrevista cara cara” en dos tiempos, dos horas, y seis meses después de la visita a diferentes exposiciones del Anniston Museum of Natural History. Estos autores propiciaron los recuerdos de la visita al museo mostrando fotografías a los visitantes; al igual que Stevenson en 1991, el formato de la encuesta realizada a los visitantes estuvo estructurado para producir recuerdos específicos. Stevenson encontró que en el momento de ser encuestados los visitantes reflexionaron acerca de la exposición, recuerdos que indicaban para este investigador un proceso cognitivo que se estaba desarrollando en el momento de la entrevista.

Ferguson (1998) considera que los diferentes tipos de recuerdos producidos por el investigador a través de un astuto interrogatorio parecen ser eficaces en la evaluación del "aprendizaje" y las memorias semánticas. Desde esta perspectiva, este enfoque se adapta más a los métodos cualitativos, en los que el entrevistador sondea y aclara las respuestas del visitante, tarea que el investigador no podría realizar si utiliza un cuestionario de corte cuantitativo. Las metodologías cualitativas, como entrevistas en profundidad, también permitirían el uso de fotos y otros estímulos visuales, para ayudar a evocar recuerdos semánticos que se asocian con los recuerdos visuales.

Hasta este momento se puede concluir que los ejemplos anteriores sobre investigaciones de los tipos de memoria muestran sólo la interacción entre el contexto personal y el físico, que son contextos del modelo de “la experiencia interactiva”; pero habrá que recordar que esta visión corresponde además con la cualidad de “interactividad” discutida anteriormente, la cual ha sido entendida en términos de la funcionalidad de los equipos museísticos y del enfoque pedagógico con el que éstos se construyen en el logro de los objetivos de aprendizaje de la

ciencia propuestos por los MC y CC. Para lograr una visión holística de la experiencia que viven los visitantes es necesario considerar el contexto social, integrado a los otros dos contextos: el personal y el físico. Al respecto, Uzzell (1993) argumenta que evaluar el aprendizaje únicamente en términos de procesos cognitivos individuales no es apropiado, sino que es necesario insistir en la importancia del contexto social; ya que la visita al museo por lo general es un acontecimiento social, percibido por los visitantes de esa manera y no simplemente como una experiencia de aprendizaje.

Con respecto al contexto social, Briseño-Garzón (2013) llevó a cabo un estudio en Universum Museo de las Ciencias de la UNAM (México, D.F.) con 20 familias que visitaron el museo y sus 12 galerías. A través de entrevistas directas, esta autora destaca el papel de la familia en la sociedad mexicana ya que al representar una unidad social fundamental y compleja, se generan muchos y diversos episodios aprendizaje. Al ser variados estos episodios, afectan diferentes ámbitos, como el social, afectivo y cognitivo. Durante una visita a un museo, no solo los miembros de la familia sirven de referencia y apoyo para el desarrollo de nuevos conocimientos en torno a conceptos científicos, sino que estos miembros representan una red social consolidada para la promoción del aprendizaje permanente. Los miembros de la familia reconocen sus roles, unos son alumnos y otros educadores y fomentan el aprendizaje en diversas situaciones. Para esta misma autora, los beneficios cognitivos se encuentran en función de los temas que se exponen; de tal forma que aquellas exposiciones que permiten el cuestionamiento, reflexión y debate (por ejemplo, la evolución y los orígenes de la raza humana), así como las que provocan fuertes respuestas afectivas o emocionales, como los terremotos en la Ciudad de México, involucran el intelecto y los sentimientos de los visitantes.

Otro punto a discutir, es sobre el papel del conflicto sociocognitivo en ambientes de aprendizaje informal, ejemplo de ello son los resultados de Blud (1990) realizados en Jorvik Viking Center, en Nueva York y en el museo de ciencia de Londres. Estos mismos autores consideran 3 situaciones sobre el aprendizaje que

se da en una visita al museo, 1) el aprendizaje de los adultos y los niños funciona a diferentes niveles cognitivos, 2) el aprendizaje se genera cuando el conflicto cognitivo se produce entre los individuos y este conflicto además se resuelve, y 3) dado que los adultos y los niños funcionan a diferentes niveles cognitivos, la interacción entre estos actores, comúnmente propicia conflictos socio-cognitivos y, por lo tanto, dichos conflictos deben desempeñar un papel importante en el aprendizaje; este autor realizó un estudio de tipo observacional con grupos de familias que participaron con tres diferentes equipos. Los tres equipos, referidos por Blud (1990), fueron diseñados para explicar cómo funcionaban los engranes, el primero de ellos era estático y pasivo; el segundo requería que los visitantes apretaran un botón e interactuaran físicamente con el equipo; en el tercer equipo (tipo social-interactivo)⁵⁷, los visitantes debían interactuar entre sí a fin de comprender los principios subyacentes de cómo funcionaban los engranes. Uzzell (1993) concluye a partir de los resultados del estudio de Blud que el equipo (al que Blud nombra social-interactivo) alentó el debate y la discusión entre los miembros del grupo. Los intercambios que se dieron entre los visitantes pudieron llevar a un conflicto sociocognitivo, mientras que los otros dos equipos no incitaron este tipo de debate ni el conflicto sociocognitivo, por lo tanto el equipo social-interactivo fomentó mucho más la interacción entre los miembros de la familia, y ésta resultó ser cualitativamente diferente a la interacción provocada por los otros equipos; además, los niños que habían participado con el equipo (social-interactivo) y su familia comprendieron los conceptos significativamente mejor que aquéllos que utilizaron los otros dos equipos.

En un estudio más reciente los resultados obtenidos por Medved y Oatley (2000) demostraron que todos los visitantes se relacionaron con un equipo a través de una conexión emocional y, posteriormente, dicha conexión fue mantenida más allá de la visita al museo, ya que la información obtenida a partir de la visita fue transferida y utilizada por la mayoría de los visitantes, ya fuera en el discurso

⁵⁷ Así nombra Uzzell a los equipos que tienen como principal característica propiciar la interacción interpersonal, más que otros equipos, y que conduce a un proceso de aprendizaje generado por conflicto sociocognitivo (Uzzell, 1993).

social o porque relacionaron los principios científicos adquiridos con eventos en su vida diaria. Para estos autores el aprendizaje y la memoria son definidos no sólo en términos de recordar detalles acerca de las exposiciones y equipos, sino también como un recuerdo del contexto social, de las secuencias temporales y los estados emocionales que viven los visitantes durante la visita. Medved y Oatley estudiaron las memorias de la visita al museo en un grupo de adultos, a través de la aplicación de entrevistas en dos tiempos: inmediatamente después de la visita y un mes después. Este criterio se utilizó con la finalidad de tener una base y poder comparar después de un mes y darle seguimiento a la transformación de la memoria de los visitantes a través del tiempo. Los resultados de este estudio además mostraron que la memoria episódica propiciada por la interacción con los equipos fue estable y sobresaliente. Sin embargo, el patrón de memoria semántica fue variable a través del tiempo, en igual proporción que para los visitantes que mostraron la memoria semántica deteriorada, estable y mejorada. Pero todos los sujetos evidenciaron algún tipo de conexión emocional con lo vivido u observado en el museo, lo cual da la pauta para considerar que la vivencia emocional de la experiencia está muy ligada al recuerdo de la visita.

Otro estudio que consideró evidenciar a través de la memoria el efecto del conocimiento previo de los visitantes y la calidad de los tipos de memoria (semántica, emocional y procedimental) fue el realizado por Sánchez- M. C. (2012), la recolecta de datos se llevó en una población de profesores de Biología a través de cuestionarios, quienes visitaron el museo de ciencias Universum, en especial la sala "Evolución, vida y tiempo". Los resultados muestran que los recuerdos visuales de los expertos (profesores de biología) son más precisos, ya que los enuncian de manera detallada, mientras que los recuerdos de los legos son más generales. Otra diferencia es que los expertos recuerdan mejor las temáticas científicas exhibidas, en comparación con los legos, quienes recuerdan mejor los objetos. A través de los resultados de esta investigación, la autora concluye que las exposiciones sólo adquieren significado cuando los visitantes son capaces de añadir a su propia experiencia lo experimentado en ellas, por lo que el público que cuenta con conocimientos previos sobre el tema acrecentará su

cultura científica como resultado de la visita, y es muy probable que quien carece de dicha cultura requiera incentivos particulares para iniciar su construcción. De ahí que la autora haya propuesto que vale la pena trabajar sobre cómo utilizar las emociones generadas por la interacción de los visitantes con los equipos, para lograr impactarlos y encaminarlos hacia la comprensión de diversos temas científicos, o por lo menos, al interés por los mismos.

5. Conclusión del capítulo

De éste capítulo, surgen tres aspectos importantes para el desarrollo de este trabajo de investigación, por un lado está la propuesta de analizar la experiencia vivida durante una visita al museo a partir del "Modelo de la Experiencia Interactiva", el cual al ser un modelo contextual, hace énfases en explicar que a través de la intersección de tres contextos (personal, físico y social) es posible comprender el proceso de la experiencia interactiva. Cabe recordar que la experiencia vivida a través de la interacción con los elementos del museo, se establece una relación entre lo cognitivo y lo afectivo, producto de la incitación de los estímulos que los MC y CC provocan a través de sus exposiciones. Por lo que el conjunto de contenidos que proceden de los sentidos, se derivan de una acción cognoscitiva o emocional.

De ahí que la descripción de algunas investigaciones que aquí se han mencionado, dan soporte teórico al modelo de la "experiencia Interactiva", propuesto por Falk y Dierking (1992). Pero, además como existe un componente importante que es el aprendizaje, es necesario también describir el método que permita evidenciar el logro de éste en estos ambientes de aprendizaje no formal; como ya han sido caracterizados los MC y CC.

La memoria y el aprendizaje son dos procesos universales y relacionados íntimamente que constituyen dos momentos a través de los cuales los sistemas vivos manejan y elaboran la información proporcionada por los sentidos (Aguado, 2001). Por lo que podemos esperar, como evidencias del aprendizaje logrado;

observar en los visitantes acciones de almacenamiento, atención, codificación, reconocimiento, y reconstrucción de los recuerdos vividos en una visita al museo.

Como hemos visto de los resultados de las investigaciones discutidas anteriormente, lo que los visitantes recuerdan de una exposición son objetos y cosas vistas. Lo anterior es muy importante por dos razones: primero, porque uno de los objetivos de los museos es presentar objetos y, segundo, porque los visitantes son buenos para recordar estímulos visuales. Por lo anterior, es muy comprensible y natural que los objetos y las cosas figuren prominentemente en los recuerdos de los visitantes de los MC y CC. Estos recuerdos competen al ámbito del contexto personal y físico, pero, como ya vimos, el contexto social también es de suma importancia para que ocurra el aprendizaje. De ahí que Ferguson (1998) haya propuesto que la experiencia interactiva de los visitantes ocurre sobre la base del contexto personal y del contexto social, es decir, la experiencia interactiva es el lugar en el cual los recuerdos son establecidos y construidos. Por lo anterior, los museos que ofrecen una riqueza de experiencias interactivas multisensoriales se convierten en ambientes para el aprendizaje significativo, ya que permiten que los visitantes le den sentido a lo que viven, propiciando la comprensión del conocimiento científico desde diversos contextos. Por lo anterior, para Ferguson (1998) debieran realizarse pruebas visuales y no pruebas de conocimiento semántico, si es que la finalidad en la evaluación de los MC y CC es la de evidenciar el aprendizaje.

Capítulo VI.

Un estudio de caso: La sala “Evolución vida y tiempo”

Justificación

Considerando que el aprendizaje es un resultado de la acción humana, que constituye el medio en el cual el agente está inserto y que condiciona su acción y sus interacciones; todo esto en conjunto compone la experiencia (entendida como “interacción con el entorno y, por tanto, abarca todo hacer y todo sentir”⁵⁸); y si el “producto del aprendizaje o de los actos de pensamiento o cognición ocurre en un contexto y situación determinada, y es resultado de la actividad de la persona que aprende en interacción con otras personas en el marco de las prácticas sociales que promueve una comunidad determinada” (Díaz Barriga, 2006), entonces los MC y CC son ambientes propicios para el aprendizaje significativo, porque ofrecen experiencias multisensoriales y además generan recuerdos durante un proceso activo en el que las experiencias pasadas son conectadas a experiencias recientes a través de los contextos personal, físico y social; este proceso permite que la experiencia forme parte, permanezca almacenada y/o pueda ser usada como conocimiento disponible después de la visita al museo.

En este proceso, la memoria emerge como un importante ingrediente en el fenómeno del aprendizaje, ya que no sólo la información cognitiva se codifica en la memoria, sino también la experiencia afectiva y psicomotora. Así, los visitantes de los MC y CC asimilan los eventos y observaciones en categorías mentales de carácter y significado personal, las cuales están determinadas por acontecimientos de la vida de los visitantes, antes, durante y después de la visita al museo (Falk y Dierking, 1992b).

⁵⁸ ... toda forma de acción y de sentimiento, caen bajo la categoría de experiencia. Las experiencias del hacer, del sufrir y del gozar (prerreflexivas) establecen el contexto que hace posible la investigación y el conocimiento. Y dado que el ser humano es primariamente un ser que actúa, sufre y disfruta, si queremos entender la naturaleza del pensamiento, la reflexión y la investigación científica, así como su papel en la vida humana, debemos reconocer que estos procesos cognitivos emergen en el contexto de una experiencia prerreflexiva, de una interacción inmediata con el entorno que los posibilita, a la vez que los condiciona (Pérez-Ranzans, 2008).

La riqueza de experiencias que ocurren dentro de los museos de ciencias (figura 8), reconocida por numerosos trabajos anteriores, está sujeta en parte al medio físico que proporciona el museo a través de sus equipos museográficos (llámese interactivos). Esta riqueza puede ser analizada a través del modelo de la experiencia interactiva. Por lo anterior, se llevó a cabo un estudio empírico con el propósito de evidenciar la *interacción* de los contextos personal y social, determinada en este caso por el contexto físico (equipos museográficos llamados interactivos).

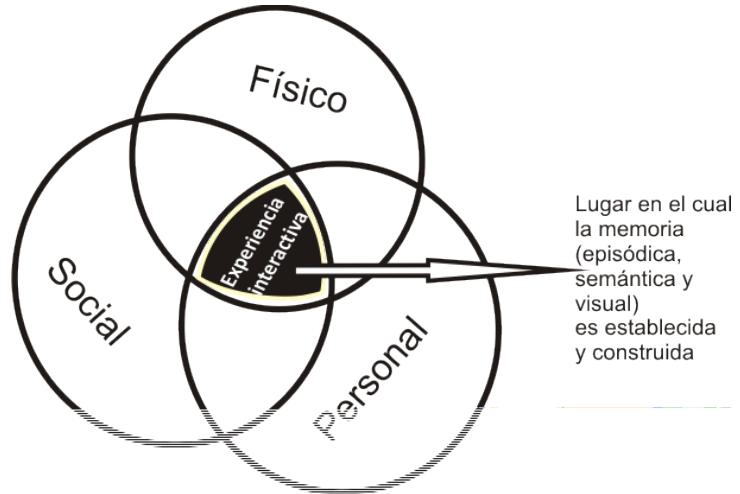


Figura 8. Modelo de la Experiencia interactiva, con una aportación de Ferguson (1993).

En el presente estudio se midió en los visitantes el conocimiento, las emociones y las habilidades (pensamiento científico) que obtuvieron después de la visita a una sala del museo de ciencias Universum (Sala Evolución, Vida y Tiempo); así también, se observó en qué medida se favoreció la apropiación de conocimiento, las emociones propiciadas y el pensamiento científico adquirido, en una población de estudiantes de nivel bachillerato (CCH Oriente) y a través de la interacción con tres diferentes tipos de equipos museográficos interactivos que propician en mayor o menor proporción alguno de los contextos del modelo de la experiencia interactiva (personal, físico y social).

Supuestos

Considerando que 1) es posible tener tres tipos de memoria acerca de la misma cosa, esto es, en el entendido de que una persona puede tener una memoria semántica de cómo funciona algún objeto, así también una de tipo procedimental sobre cómo hacerlo funcionar y una memoria episódica del tiempo/espacio de

cuando intentó poner a funcionar ese objeto y tuvo problemas por no seguir correctamente los pasos adecuados (McManus, 1993), y bajo el supuesto de que 2) el producto de la intersección de los tres contextos (físico, personal y social) es posible evidenciarlo a través de la memoria (episódica, semántica y visual), de las emociones propiciadas por la visita, así como la modificación de las ideas previas que permiten al visitante la adquisición de habilidades (aplicación del conocimiento y científicas).

Fases de la investigación

En función de lo anterior, se llevó a cabo un estudio empírico en dos fases: la primera consistió de un estudio piloto con 14 estudiantes, quienes visitaron la sala “Evolución, Vida y Tiempo”; y la segunda fase es un análisis exclusivo de tres equipos museísticos de la misma sala que permitieran recoger datos (memoria, emociones y habilidades) para evidenciar “la experiencia interactiva”.

Los resultados del pilotaje permitieron tener un panorama general del proceso de la experiencia interactiva, así como obtener información para diseñar el instrumento de indagación y poder llevar a cabo la segunda fase, en la cual se evidenció el efecto de **tres equipos museísticos** que representaron y/o favorecieron alguno de los tres contextos del modelo de la experiencia interactiva, efecto que se observó en el tipo de recuerdo que estos equipos museográficos propiciaron en 74 estudiantes (ver figura 9).

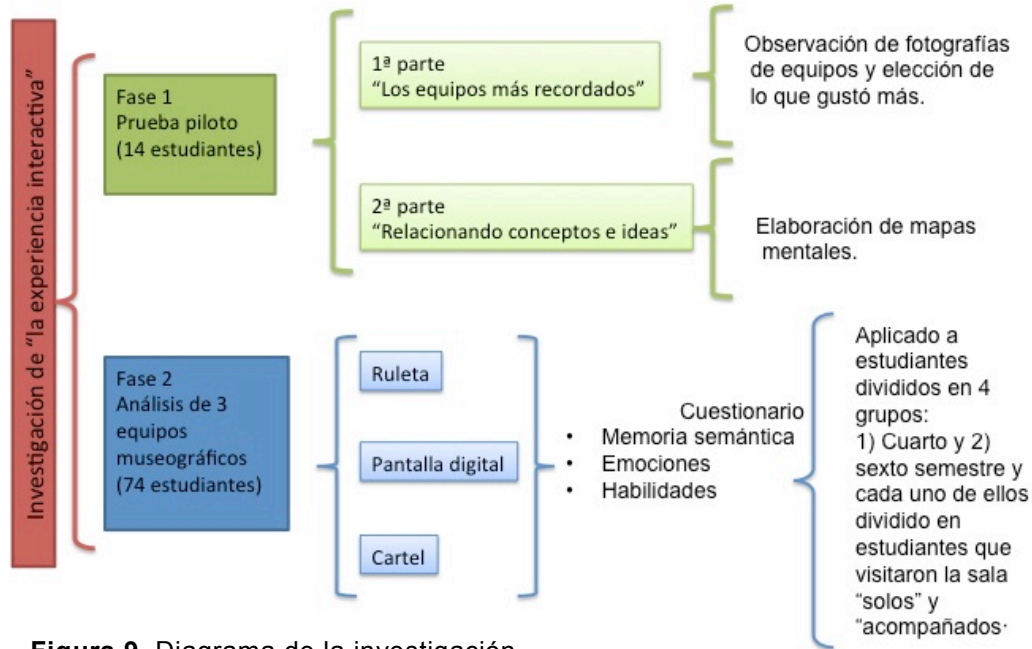


Figura 9. Diagrama de la investigación.

Antes de describir cada una de las fases de esta investigación y sus resultados, es necesario caracterizar la sala "Evolución vida y tiempo" y puntualizar en la clasificación de los equipos interactivos de estudio. Con este acercamiento será posible describir las fases de este estudio de caso, así como las unidades de estudio y sus variables.

1. La sala “Evolución vida y tiempo” de UNIVERSUM Museo de las Ciencias (UNAM)



El museo de las ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, Universum, forma parte de un proyecto cultural que se ubica en la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (DGDC), entidad dependiente de la Investigación Científica de la UNAM. Es pionero — en su tipo— en Latinoamérica. Se

encuentra en un área de 10 hectáreas de la Zona de Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y áreas jardineadas, del mismo modo cuenta con 25,000 m² construidos, de los cuales 12,000 m² están destinados a exposiciones permanentes. Su misión es contribuir a la formación de una cultura científica y tecnológica, así como fomentar el interés por la ciencia y la tecnología en la sociedad. Su visión es divulgar la ciencia, con la sustentabilidad como eje rector, mediante un discurso museográfico diverso en el que se procure la participación constante de los visitantes a través de exposiciones, actividades, talleres, conferencias, cursos, cine y teatro⁵⁹.

Desde su inauguración en 1992, el Universum mantuvo exposiciones permanentes, una de éstas sobre la violencia y había estado abierta durante 15 años al público, hasta que fue sustituida por una exposición acerca de la evolución biológica y las aportaciones de Charles Darwin a la misma (Sánchez-Mora, 2008). Esta exposición, en la actualidad abierta al público general, es visitada principalmente por escolares, en particular estudiantes preuniversitarios y padres de familia que acompañan a los adolescentes. Puede decirse que es de carácter lúdico, con textos muy breves y diseños lo más alejado posible de los típicamente utilizados en museos de historia natural; por lo tanto se evitó en lo posible incluir

⁵⁹ <http://www.universum.unam.mx/conocenos.php>

computadoras como forma de interacción (a excepción de aquellos temas en los que fuera el medio idóneo). La exposición consta de 12 secciones temáticas, además de una sección introductoria y una de cierre, con 46 equipos en total (Sánchez-Mora, 2008 y 2009 a).

La exposición se divide en dos partes (figura 1), la primera corresponde a los equipos 1 al 31 y en ésta se narran 1) las evidencias de la evolución, 2) el viaje que realizó Darwin a bordo del Beagle, 3) se presentan dos antecedentes que sirvieron a Darwin para postular su teoría de la evolución: la selección artificial y la lucha por la existencia, 4) se muestran los elementos principales de la explicación darwiniana, como son la reproducción limitada por las condiciones ambientales, la variación dentro de las especies y la selección natural, además se exhibe 5) la diversidad y la adaptación como resultados de la evolución y 6) finalmente se habla de la definición de especie.

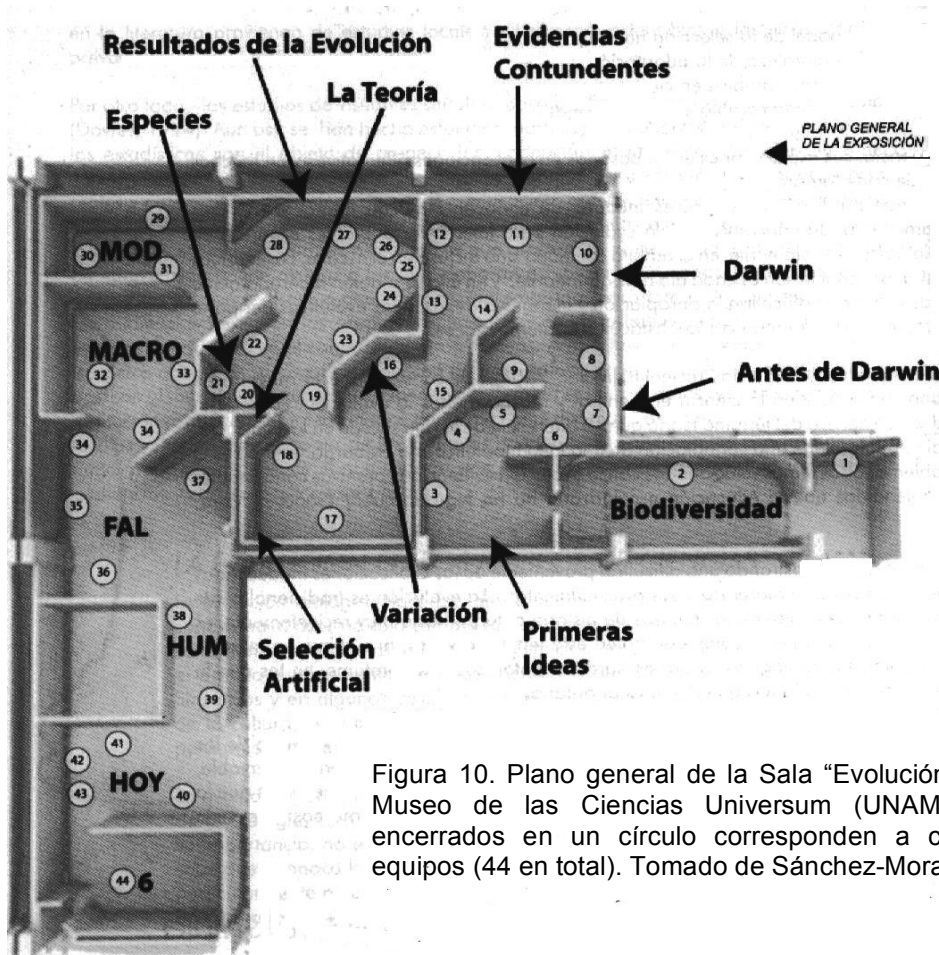


Figura 10. Plano general de la Sala "Evolución, vida y tiempo", Museo de las Ciencias Universum (UNAM). Los números encerrados en un círculo corresponden a cada uno de los equipos (44 en total). Tomado de Sánchez-Mora M. C. (2008).

En la segunda parte de la sala, que corresponde a los equipos 32-34, se incluyen el ADN, las mutaciones, la edad de la Tierra y la teoría de la deriva continental, la evolución de los grandes grupos de organismos, la evolución del ser humano y sus migraciones, los modos de evolución (gradualismo, saltacionismo y extinciones), preguntas más comunes y las investigaciones que actualmente se realizan sobre la evolución.

2. Desarrollo de la investigación sobre la experiencia interactiva. Prueba piloto

Como se mencionó, los museos y centros de ciencia son considerados como sitios idóneos para divulgar los resultados de la ciencia y la tecnología (Belaën, 2003), a través de la representación de una idea, un fenómeno o un principio (Padilla, 2006). Estos espacios se apoyan, en mayor o menor medida, en la “experiencia interactiva”⁶⁰ que viven los visitantes con los dispositivos (Adams, *et al.*, 2004) construidos ex profeso como una estrategia para atraer visitantes y operan con el supuesto de que a mayor participación y actividad del usuario, mayor satisfacción y aprendizaje⁶¹, es decir, para que una exposición proporcione aprendizajes y experiencias de gran alcance en los visitantes, ésta debe ser interactiva (McLean, 2005).

Al respecto, en capítulos anteriores, se concluyó que dentro del campo de la museología el término “interactivo”, que es adoptado por los MC y CC y trasladado desde las ciencias de la computación, tiene un amplio rango de significados y aplicaciones; sin embargo, diversos autores consideran que la cualidad “interactividad” en los MC y CC tiene un alto potencial educativo, por lo que debe ser entendida no sólo en términos de la funcionalidad de los equipos museísticos, ya que los equipos se construyen para lograr objetivos de aprendizaje de la

⁶⁰ El uso extensivo de los llamados componentes interactivos, donde los visitantes participan y se involucran (de forma personal, física, emocional) con los objetos exhibidos y donde también existe la posibilidad de divertirse y aprender estas acciones en su conjunto, los profesionales de los museos le han llamado “experiencias interactivas” (Adams, *et al.*, 2004).

⁶¹ En contraparte, Beetlestone *et al.*, (1998) proponen que la acción que en muchos visitantes de centros y museos de ciencias está completamente en su cabeza y no es necesario el compromiso físico con el dispositivo.

ciencia, propuestos por los MC y CC. De lo anterior que los equipos tienen un propósito pedagógico. Por lo tanto, lo que los hace ser equipos interactivos es que, además de propiciar la participación activa del visitante, de acuerdo con su diseño, permitirían que el visitante se enfrente a una problemática que le propiciará resolverla pero con diferentes resultados (final abierto o cerrado) (Spock, 2004).

Entonces, es más apropiado utilizar la noción de “experiencia interactiva” para describir la experiencia que vive el visitante, en donde conecta lo emocional con el conocimiento que construye (el cual involucra procesos de aprendizaje individual y social) a través de la interacción con los equipos, los cuales están diseñados ex profeso y que expresan claramente el compromiso social de los museos como ambientes informales de aprendizaje.

Por ello, el papel que juegan las experiencias interactivas en los museos debe ser analizado a partir de los propósitos y supuestos en los que se basa una exposición interactiva, en función de los factores de diseño de las exposiciones y del compromiso social con en el aprendizaje de la ciencia (Adams, *et al.*, 2004). Considerando además que la experiencia interactiva puede verse como una estrategia para lograr y generar no sólo aprendizajes en los visitantes, sino valores y actitudes hacia la ciencia. Al ser efectiva, por ser muy entretenida, puede ser una manera especialmente práctica de comunicar valores sociales y saberes acerca de la ciencia.

Ante la necesidad de evidenciar la “experiencia interactiva” de los visitantes y retomando el modelo propuesto por Falking y Dierking (1992 a y b), se llevó a cabo una prueba piloto, la cual tuvo la intención de recoger datos a partir de la visita de 14 estudiantes de 5to. semestre del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente.

Los estudiantes visitaron la exposición en su totalidad y se aplicó una entrevista que tuvo como propósito conocer cuáles equipos habían impactado y, en consecuencia, cuáles fueron los más recordados, así como evidenciar la

participación de los estudiantes con los equipos y medir si se apropiaron de "cierto conocimiento". De la misma manera se obtuvieron datos sobre las emociones vividas antes, durante y después de la visita a la sala "Evolución, vida y tiempo". Lo antes mencionado se pudo evidenciar a través de la memoria visual, semántica y episódica⁶², las impresiones sensoriales, afectivas, las emociones y el aprendizaje significativo, es decir, de "la experiencia interactiva". Por lo anterior, y con base en estudios previos hechos a visitantes, se llevó a cabo la toma de datos durante la entrevista a los estudiantes, utilizando estímulos visuales, esto es, fotografías de los equipos de la exposición que permitieran ayudar a evocar recuerdos de la visita en los encuestados.

Método

El método de análisis de los datos obtenidos se enmarca dentro de un enfoque interpretativo⁶³ de investigación, el cual parte del supuesto de que la complejidad de la realidad social sólo puede ser revelada a través de la comprensión de los significados personales de un individuo. Luego, desde este enfoque, se dirige la atención a aquellos aspectos no susceptibles de cuantificación (creencias, intenciones, motivaciones, interpretaciones, significados); interesa lo particular y lo contextual, los relatos vividos. En consecuencia, se reconoce que las

⁶² Una persona puede tener una memoria semántica de cómo funciona algún objeto, así también tener una memoria procedimental de cómo hacerlo funcionar y además tener una memoria episódica del tiempo y espacio de cuándo intentó poner a funcionar ese objeto y tuvo problemas por no seguir correctamente los pasos adecuados. McManus (1993) plantea la posibilidad de tener tres tipos de memorias acerca de la misma cosa, por lo tanto los visitantes de los MC y CC presentarán los tres tipos de memoria producto de la interacción de los tres contextos (físico, personal y social) del "modelo de la experiencia interactiva".

⁶³ Diversos autores expresan la existencia de tres enfoques o paradigmas fundamentales en el desarrollo de la investigación educativa, uno de ellos, el paradigma simbólico, interpretativo, cualitativo, hermenéutico o cultural, parte de la diferencia existente entre los fenómenos sociales y naturales, reconociendo la mayor complejidad y el carácter inacabado de los fenómenos sociales que están siempre condicionados por la participación del humano. El interés fundamental de este enfoque va dirigido al significado de las acciones humanas y de la vida social. Concibe la educación como proceso social, como experiencia viva para los involucrados en los procesos. Sus propósitos esenciales están dirigidos a la comprensión de la conducta humana a través del descubrimiento de los significados sociales. Aspira a penetrar en el mundo personal de los humanos (cómo interpretar las situaciones, qué significan para ellos, qué intenciones, creencias o motivaciones los guían). Las investigaciones realizadas según este enfoque se centran en la descripción y comprensión de lo individual, lo único, lo particular, lo singular de los fenómenos, más que en lo generalizable. No aspira a encontrar regularidades subyacentes en los fenómenos ni el establecimiento de generalizaciones o leyes. El investigador describe las acciones contextualizadas. No busca nexos causales, sino comprender las razones de los individuos para percibir la realidad de una forma dada (Concari, 2002).

interpretaciones y los significados propuestos por los individuos se basan en los antecedentes culturales y el contexto sociocultural (Usher, 1997). Los estudios interpretativos tienden a emplearse en estudios longitudinales, buscando obtener en profundidad una comprensión de un fenómeno, para ello se emplean comúnmente técnicas de investigación, tales como entrevistas, las cuales son por lo general asociadas con datos cualitativos. Muchas otras técnicas son usadas en conjunto con las entrevistas, como la observación de campo (obtrusive, unobtrusive). Los estudios interpretativos tienden a presentar de manera detallada estudios de caso para describir una versión de un evento desde el cual una interpretación alternativa puede realizarse. Por su parte, el enfoque interpretativo es la habilidad de mirar un proceso de cambio a través del tiempo, entender los significados de los actores, ajustarse a nuevas preguntas y teorías que pueden emerger, así como contribuir con el desarrollo de nuevas teorías (Avison, 1997).

Por lo anterior, los puntos de vista y las perspectivas expresadas por los estudiantes a través del instrumento de indagación, después de su visita a la sala “Evolución, Vida y Tiempo” (como los significados, la comprensión de la experiencia a través de los recuerdos y cómo se relacionan con la vida diaria y permean el aprendizaje significativo de los visitantes) fueron analizados desde el método de enfoque interpretativo, mismo que permitió la combinación tanto de los métodos cualitativos como de los cuantitativos.

También se aplicó un instrumento mixto⁶⁴ (utilizando diferentes técnicas) para recoger datos, que permitieron evidenciar los tres tipos de memoria, las impresiones sensoriales, afectivas y el aprendizaje significativo de 14 estudiantes de Biología III del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Oriente (7 mujeres y 7 hombres) del grupo 581 que cursaban el 5to. semestre, quienes interactuaron con los equipos exhibidos de la sala “Evolución, vida y tiempo” del Museo de Ciencias Universum. El pilotaje se dividió en dos partes, la primera una prueba de

⁶⁴ De acuerdo con Pérez (2000), acercarse al campo de estudios de visitantes debe realizarse desde una perspectiva multidisciplinar, debido a que son diferentes los aspectos a evaluar por lo tanto recoger información a través de técnicas variadas o métodos, permite optimizar los criterios de calidad en cada fase o momentos de la evaluación.

tipo visual, que permitió conocer cuáles equipos fueron los más recordados (memoria visual), así como los motivos por los que les llamó más la atención o les gustó (la memoria episódica) uno u otro equipo, entre otros aspectos relacionados con la experiencia vivida y las emociones que presentaron durante la visita; mientras que la segunda parte permitió conocer la memoria semántica a través de la elaboración de un mapa conceptual que realizaron los estudiantes, esta memoria semántica hace referencia al conocimiento o comprensión de las explicaciones científicas, en este caso de la evolución biológica.

En la siguiente tabla se describen los pasos que se siguieron para la realización del pilotaje:

Tabla 13.

Variables a investigar en la prueba piloto, preguntas para cada una de ellas y propósito.

Variable	Pregunta	Propósito
Introducción	El investigador introduce al entrevistado, da las indicaciones a seguir durante la entrevista y el llenado de las actividades a realizar durante ella y responde a cualquier pregunta sobre el alcance del proyecto (al finalizar la entrevista).	
Memoria visual Fotografías (diapositivas de 43 equipos)	¿Cuál de los siguientes equipos recuerdas?	Se muestran fotografías de cada uno de los 43 equipos pertenecientes a la sala “Evolución, Vida y Tiempo” para ayudar al visitante a recordar. Cuando un estímulo relacionado se presenta y es reconocido, por ejemplo, una foto de algo que se ha visto antes, esto puede llamar a una serie de recuerdos asociados. Si estas imágenes son reconocidas por los encuestados, esto puede traer a la mente recuerdos semánticos asociados y puede ser otra herramienta en el descubrimiento y la evaluación del aprendizaje cognitivo.
Memoria episódica (sensorial y afectivo) Descripción de los equipos que más llamaron la atención	Me gustaría que platicaras sobre tu experiencia en la sala “Evolución, vida y Tiempo” del museo Universum de la UNAM. Se utilizarán frases como: Quiero saber más sobre ... ¿qué quieres decir con ... ¿Puedes explicar ... ¿por qué... vienen a la mente? ¿Puedes decirme...	Conocer cuáles objetos y cosas contribuyen a conclusiones personales.

	<p>¿cuál de todos los equipos recuerdas más y por qué? ¿Fue agradable? ¿Qué sentiste, cómo te sentiste?</p> <p>¿Qué sección de la exposición fue la más interesante? ¿Qué mensajes, en su caso, recibiste de la exposición y cuál fue el impacto de la exposición? ¿Con quién fuiste? ¿Cómo te sentiste?</p>	<p>Indagar sobre las variables de los tres contextos (personal, social y físico) que hayan propiciado alguna conducta, emoción, algún aprendizaje, la evocación de otros recuerdos asociados a la visita, evocación de conocimiento previo.</p>
<p>Memoria semántica (elaboración de un mapa mental sobre el tema principal de la sala)</p>	<p>Me gustaría que elaboraras un mapa mental sobre el tema que trata la sala del museo que visitaste⁶⁵.</p>	<p>Conocer si los estudiantes logran plasmar en un mapa mental, el objetivo general de la sala, así como sus temas y subtemas planteados.</p>

Fuente: elaboración propia

Resultados de la prueba piloto

Los 14 estudiantes que visitaron la sala “Evolución vida y tiempo” fueron entrevistados dos o tres días después de la visita. A continuación se describirán los resultados de cada una de las partes en las que se estructuró el instrumento de indagación, así como las instrucciones dadas a los estudiantes durante la entrevista.

Los equipos más recordados

Se proyectaron aleatoriamente 43 fotografías individuales y numeradas (diapositivas) de cada uno de los equipos de la sala “Evolución, vida y tiempo”, es decir, no siguieron la secuencia de aparición en el que están exhibidos los equipos dentro de la sala. Se proporcionó un documento impreso para que los estudiantes pudieran responder a las indicaciones solicitadas:

- ❖ **Instrucción para el estudiante:** observa cada una de las imágenes y coloca una X en alguna de las siguientes tres opciones:

⁶⁵ Se les mostró a los estudiantes un ejemplo de un mapa mental (de otra disciplina).

- Sí: recuerdas muy bien (equipo, texto, video, imagen, etc.)
- No: no lo viste
- No estoy seguro (a): lo viste pero no lo recuerdas muy bien

La siguiente gráfica muestra la frecuencia de las respuestas de los estudiantes que sí recordaron cada uno de los equipos, por ejemplo, el equipo número 5 fue recordado por trece estudiantes (92.85%), este equipo es el simulador del timón del barco Beagle (gráfico 1) . Los equipos más recordados (por arriba del 85%) se describen a continuación:

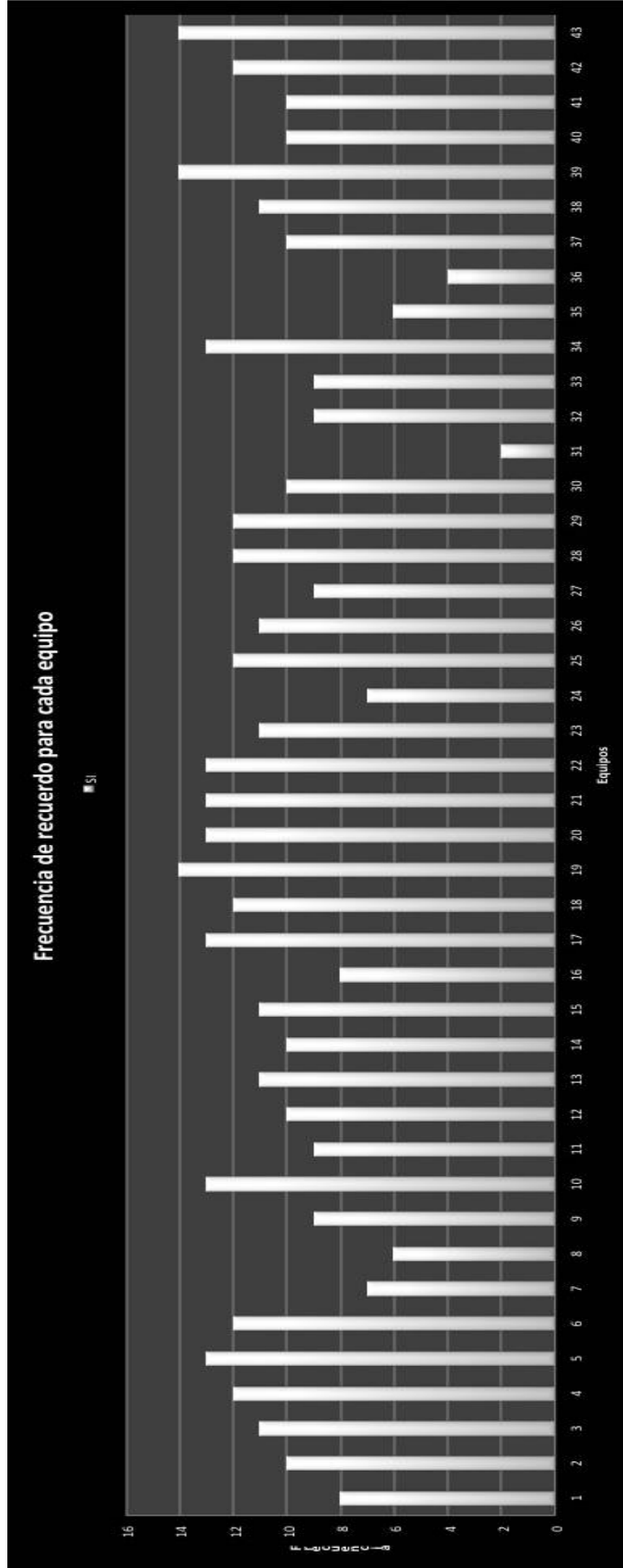


Gráfico 1. Los equipos que más corresponden a los equipos con los siguientes números: 5, 10, 17, 19, 20, 21, 22, 34, 39 y 43. A continuación se muestran las imágenes de cada uno de ellos.

Descripción de los equipos más recordados.

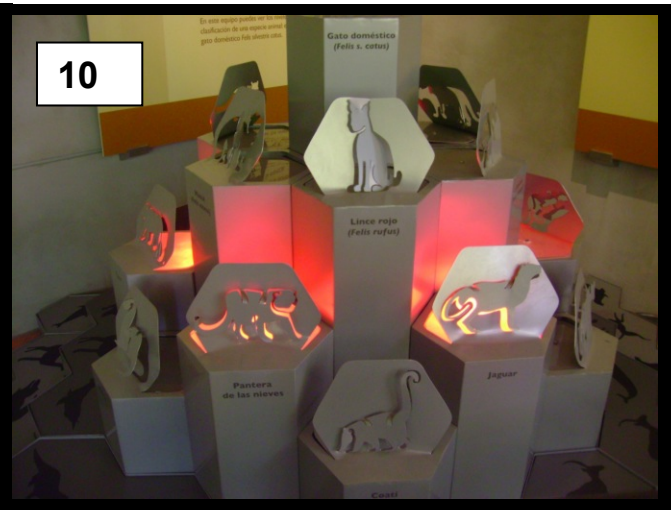
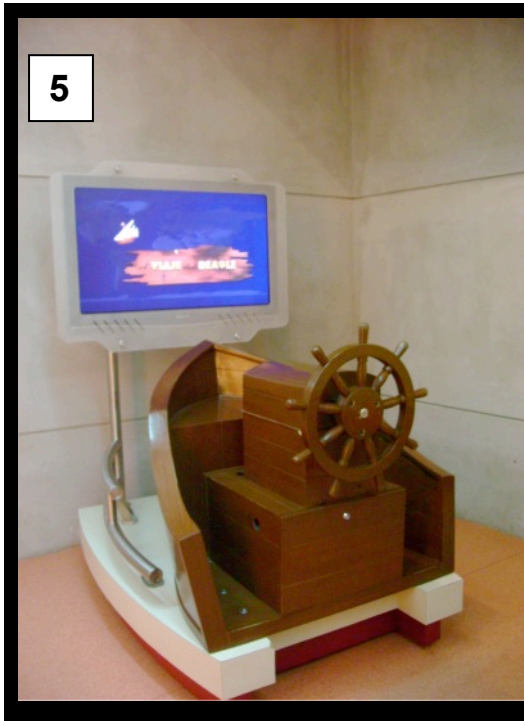


Ilustración 1. El equipo 5 simula un timón con el cual el visitante puede girar y observar en la pantalla el mapa del viaje que realizó Darwin a bordo del Beagle, así como información en imágenes, texto y sonido de los lugares que visitó. El equipo 10 es una representación de la clasificación taxonómica del grupo de los felinos, cada uno de los niveles se ilumina (apretando un botón) y muestra ejemplos de organismos que pertenecen a cada nivel de clasificación.

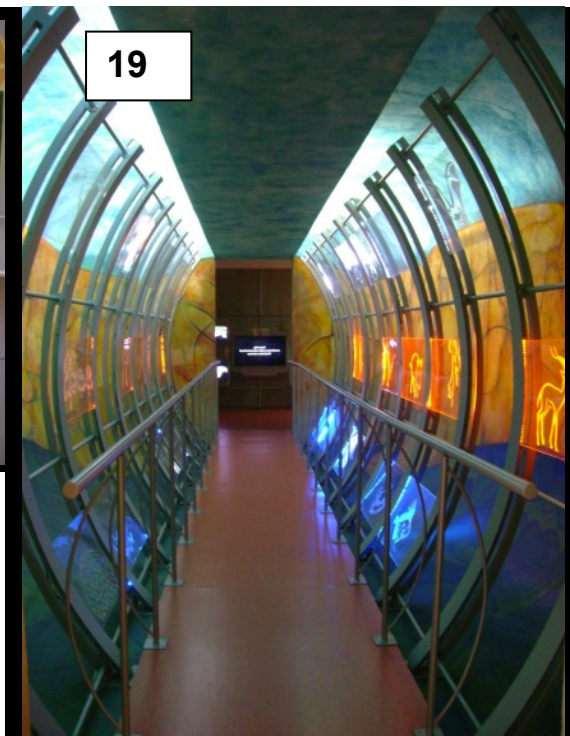


Ilustración 2. El equipo 17 propicia que los visitantes coloquen en los ambientes adecuados a diferentes organismos representados en fichas (oso polar, mariposa, pez, insecto, ave y reptil) de tal manera que se mimeticen en su ambiente. El equipo 19 es un túnel que se encuentra en la entrada de la sala e introduce al visitante a través de una explicación (sonido) y de algunas imágenes estáticas (iluminadas) sobre la evolución.

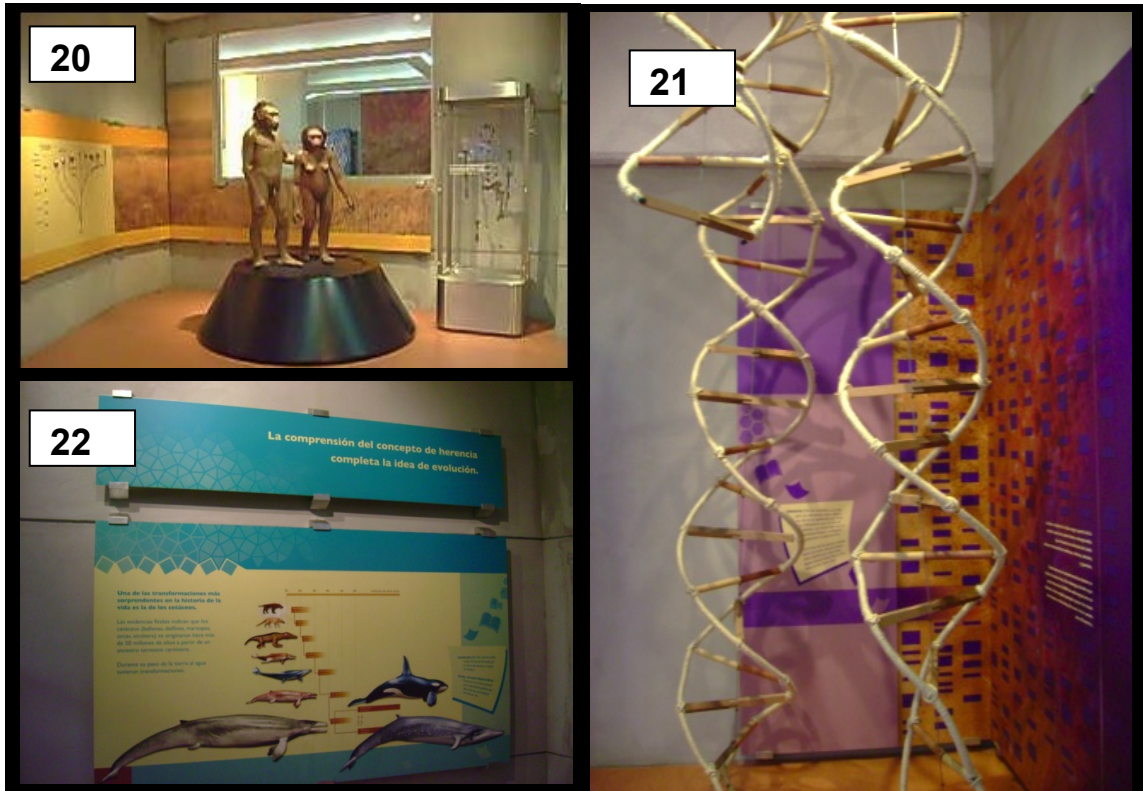


Ilustración 3. El equipo 20 es una representación de 2 homínidos de la especie *Australopithecus afarensis*. El equipo 21 es una representación de una molécula de ADN y el equipo 22 es un esquema de la evolución de las ballenas actuales desde sus ancestros cuadrúpedos terrestres. Los tres equipos son estáticos



Ilustración 4. El equipo 34 es una representación de los tres dominios (bacterias, eucariotas y arqueas) en los que se ha clasificado a los seres vivos, este equipo es estático. El equipo 39 es una representación de la diversidad humana, los visitantes pueden apreciar diferentes rostros de personas de diferentes culturas, esto se logra al acercarse y observar la misma cara desde diferente ángulo.

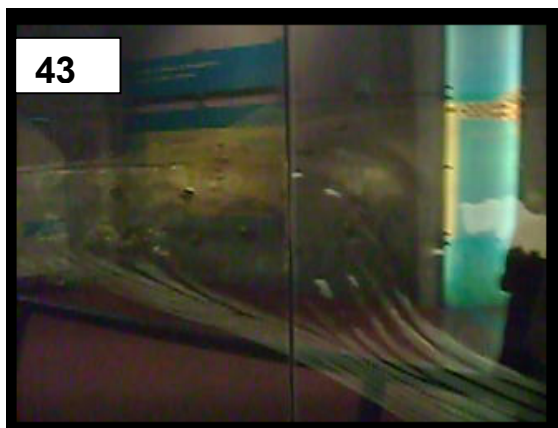


Ilustración 5. El equipo 43 es una representación de la parte anterior del cuerpo de una ballena.

Tabla 14. Clasificación de los equipos que más gustaron, de acuerdo con la propuesta de Santacana y Martín (2010).

Número de equipo	Clasificación y caracterización del equipo (módulo) interactivo.	Clasificación por su funcionalidad	Tipo de interactividad que propician
5. Timón del Beagle	Sistema informático-mecánico (INFORMEC 14.9)	Acción	Físico-manual
10. Clasificación de felinos	Sistema electrónico-mecánico (EELECMEC 12.9)	Observación	Físico-manual
17. Mimetismo	Sistema Corpóreo-táctil (CORTC 7.2)	Acción	Físico-manual
19. Tunel de entrada	Sistema Gráfico-gráfico (GRGR 1.1)	Observación	Visual
20. Homínidos	Sistema corpóreo-corpóreo (CORCOR 7.7)	Observación	Visual
21. Molécula ADN	Sistema corpóreo-gráfico (CORGR 7.1)	Observación	Visual
22. Evolución ballenas	Sistema corpóreo-gráfico (CORGR 7.1)	Observación	Visual
34. Tres dominios	Sistema corpóreo-gráfico (CORGR 7.1)	Observación	Visual
39. Rostros	Sistema corpóreo-visual (CORVIS 7.6)	Observación	Visual
43. Cabeza/torso ballena	Sistema recreación corpórea (RECCOR 8.7)	Observación	Visual

Me gustó porque...

- ❖ **Instrucciones para el estudiante:** Después de ver todas las imágenes describe a detalle el equipo que más te gustó, explica por qué te llamó la atención, describe de qué manera utilizaste el equipo, si estuviste solo(a) o acompañado. Indica el número de la dispositiva.

Las respuestas por escrito se clasificaron de la siguiente manera: 3 comentarios para los equipos que hacían referencia a la evolución de las ballenas, 2 comentarios que hicieron referencia al viaje de Darwin en el Beagle y 2 comentarios que correspondieron al equipo de los rostros humanos, los 7 comentarios restantes hacen referencia a diferentes equipos. A continuación se transcriben⁶⁶ en el orden antes mencionado cada uno de los textos, los números a los que hacen referencia en las descripciones corresponden al número de diapositiva (fotografía) que se les presentó durante la entrevista:

- *“La 43 me llamó mucho la atención porque se me hizo chistoso el sonido que producen las ballenas.”*
- *“En la imagen se muestra la evolución que ha sufrido la ballena, nos dice que desciende de un animal terrestre, pero conforme fue pasando el tiempo se tuvo que adaptar a la vida marina y al no ocupar algunas de sus extremidades las fue perdiendo y otras se modificaron para ayudarla a sobrevivir dentro del agua. Diapositiva No 22.”*
- *“La diapositiva número 22 me llamo mucho la atención, la evolución de las ballenas, su primera especie tenia cuatro patas parecía un perro y en la imagen vemos la evolución y me impresiono mucho.”*
- *“La diapositiva número 5. A mi me llamo la atención el timón donde se simulaba el viaje de Darwin ya que te explicaba el recorrido que llevo a cabo Darwin en su viaje donde hizo su teoria de la evolución y estaba muy padre la replica que hicieron.”*
- *“Diapositiva 5. Me gusto esa porque tenia videos y explicaba sobre el gran Darwin, y su viaje al mundo en busca de porqué habia tantas especies parecidas en lugares tan diferentes, como en los osos polares y osos negros, uno en el frio y otro en el calor, también te explicaban que lo que el Biologo Darwin quería ver era la evolución, herencia, adaptación, y al igual que a el a mi se me hace un enigma y un*

⁶⁶ Los textos se transcriben tal cual como los estudiantes escribieron sus comentarios.

animal sorprendente el ornitrynco, mitad pato, mitad castor. Me gusto también porque de alguna manera me identifico con Darwin los dos somos muy preguntones, y todo nos sorprende XD.”

- *“La imagen que mas me gustó fue la de la semejanza de los rostros, ya que al moverse de lugar los efectos tridimensionales revelaban las caras de dos personas distintas pero las facciones eran las mismas solo cambiaban algunas, las personas eran de distintos países pero tenían el mismo patrón.” Diapositiva 39.*
- *“Diapositiva Número 39. Lo que recuerdo de ésta imagen es que había muchas caras, si te movías las caras cambiaban de forma, o sea había una cara por decir de un hombre de color negro y tú cambiabas de posición y la cara se cambiaba a una cara de mujer rubia. El fin de ésta era ver la diversidad que existe en una especie.”*
- *“Diapositiva 17. Me gustó esta ilustración ya que podíamos jugar o interactuar con los habitats y sus mamíferos (animales) que habitan en ese medio. Los animales eran un oso polar, una rana (que pertenece a un medio húmedo), otra rana (que pertenece a un medio semiseco), una chichara o (mayate), un camaleón y el último no lo recuerdo. Bueno aquí podíamos jugar con cada (foto) animal que estaba en forma de ficha; la podíamos colocar en cualquier hábitat, pero lo correcto era colocarlo en el correcto. Muy Divertido!!!.”*
- *“21.- Me gusto la estructura que estaba representada y la manera tan ingeniosa en que la formaron, además de que es más fácil entender estas estructuras así, a diferencia de cuando están dibujadas.”*
- *“Diapositiva 9. Me gusto mucho porque la cadera del mastodonte es como 20 veces mas grande que la de un ser humano, y la muela esta gigantesca a comparación de nuestras muelas. Me impresionó la diferencia de tamaño, porque nuestra muela parece una basurita en la muela del mastodonte, esta enorme.”*
- *“Diapositiva 13. Es la del Caparazón de un armadillo de antes, gigante y a lado un armadillo actual, me gusta porque es tan impresionante el tamaño del caparazón y demuestra algo de lo que es la evolución.”*

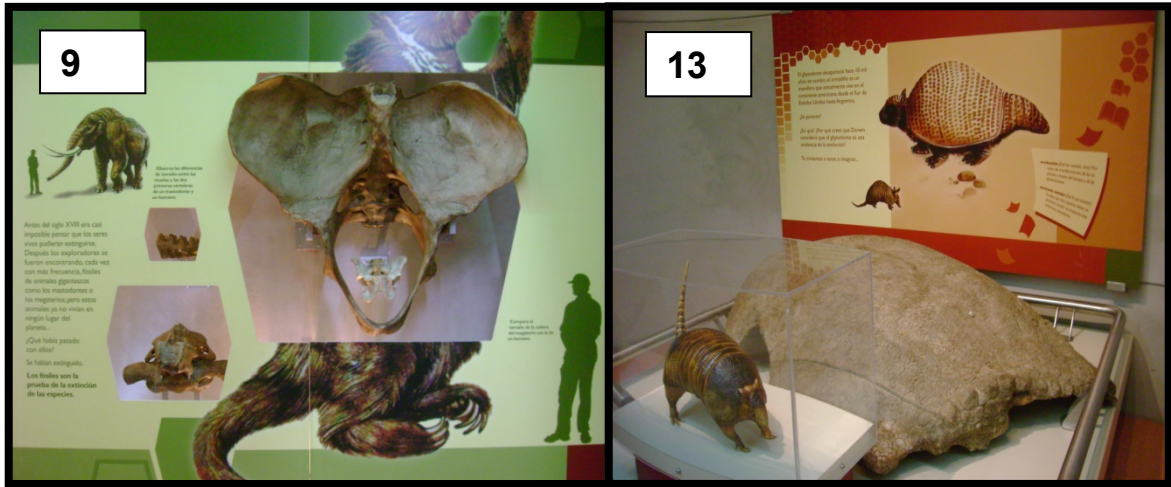


Ilustración 6. Equipo 9. Comparación de la cadera de un megaterio con la de un humano, y de las muelas y vertebras de un mastodonte con un humano. Equipo 13. Comparación del caparazón de un gliptodonte, desaparecido hace 10 mil años y de un armadillo.

- *“Lo que mas me llamó la atención fue que te ponía a pensar, a recordar, ya que tenias que ir poniendo cada animal en el que pertenecía, por ejemplo, venia en divisiones de los animales que estuvieran vertebrados y cosas así, me divertí con mi amiga ya que costaba trabajo arrástralo. Si estaba bien se ponía un foco verde, si no se ponía uno rojo. Diapositiva 23.”*
- *“Diapositiva 42. Me gusto mucho porque se forma una historieta, incluso la grabe en mi cel. –Empieza diciendo que hace muchos años había cierta cantidad de peces, luego llegaron mas peces y se fueron reproduciendo con los anteriores, salieron nuevas especies de ambos y otros mas de esta con las anteriores, termina con muchísimas especies y otras mas extintas debido a su falta de adaptacion.”*
- *Diapositiva 27. El juego de las mariposas!!. Estaban dos computadoras con un juego sobre unas mariposas, eran 2 niveles el objetivo era ver cuantas mariposas podiamos atrapar, habia mariposas negras y blancas el fondo de la pantalla eran unos arboles negros (primer nivel) y blanco (segundo nivel). Las mariposas blancas no se distinguían en los arboles blancos y las mariposas negras en los arboles negros.”*

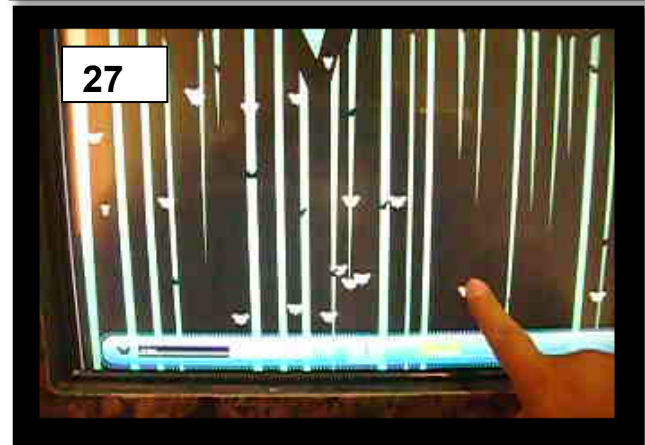
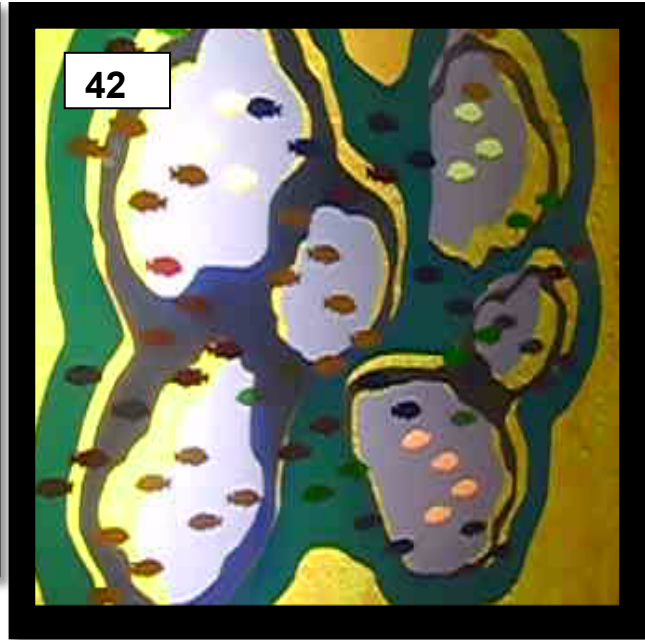
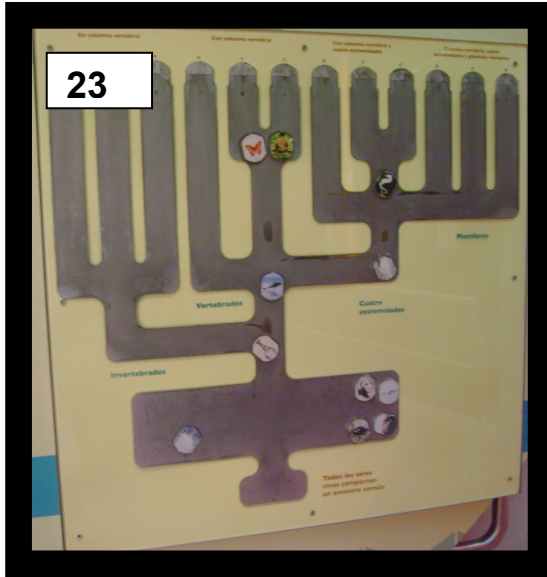


Ilustración 7. El equipo 23 es un árbol de diferentes organismos (mamíferos, vertebrados e invertebrados) relacionados por un ancestro común. El visitante acomoda las imágenes en los extremos superiores del árbol y un foco verde se ilumina si están bien colocados. El equipo 42 es una representación de la formación de especies por barreras geográficas desde una población inicial. El equipo 27 es un equipo computarizado con una pantalla digital que muestra el ejemplo de la selección natural de la especie *Bistum betularia* en Inglaterra.

Tabla 15.

Clasificación de los equipos que más gustaron, de acuerdo con la propuesta de Santacana y Martín (2010).

Número de equipo	Clasificación del equipo (módulo) interactivo	Clasificación por su funcionalidad	Tipo de interactividad que propician
9. Megaterio	Sistema Corpóreo-gráfico (CORGR 7.1)	Comparación	Visual
13. Gliptodonte	Sistema Corpóreo-gráfico (CORGR 7.1)	Comparación	visual
23. Arbol evolutivo	Sistema Corpóreo táctil (CORTC 7.2)	Acción	Físico-manual
42. Especiación peces	Sistema Corpóreo táctil (CORTC 7.2)	Acción	Físico-manual
27. Pantalla digital	Sistema Informático-táctil (INFORTC 14.2)	Acción	Sensitivo

Relacionando conceptos e ideas

❖ **Instrucción para el estudiante:** Por favor realiza un mapa mental que explique el tema de la sala que visitaste en el museo Universum.

A continuación se muestran las imágenes de los 14 mapas mentales⁶⁷ elaborados por los estudiantes durante la entrevista. Las imágenes se han agrupado en dos categorías, la primera corresponde a aquellos mapas mentales en los que los estudiantes hicieron uso de dibujos que representan lo visto en el museo (algunos equipos), y la siguiente categoría corresponde a aquéllos en los que, a consideración, retoman conceptos y conocimientos previos, y no tanto lo observado en la sala “Evolución, vida y tiempo”.

⁶⁷ Es una representación gráfica que permite implantar una estrategia canalizada hacia la memorización, organización y representación de la información con el propósito de facilitar los procesos de aprendizaje, administración y planeación organizacional así como la toma de decisiones. El mapa mental posibilita representar nuestras ideas, utilizando de manera armónica las funciones cognitivas de los hemisferios cerebrales; es decir, facilitando la unificación, diversificación e integración de conceptos o pensamientos para analizarlos y sintetizarlos en una estructura organizada, elaborada con imágenes, colores, palabras y símbolos. Representando la información en forma fácil, espontánea, creativa, en el sentido de que la misma sea asimilada y recordada por el cerebro. En efecto, esta estrategia posibilita que las ideas generen otras ideas y se puedan ver cómo se conectan, se relacionan y se expanden, libres de exigencias de cualquier forma de organización lineal (Rodríguez, 2010).

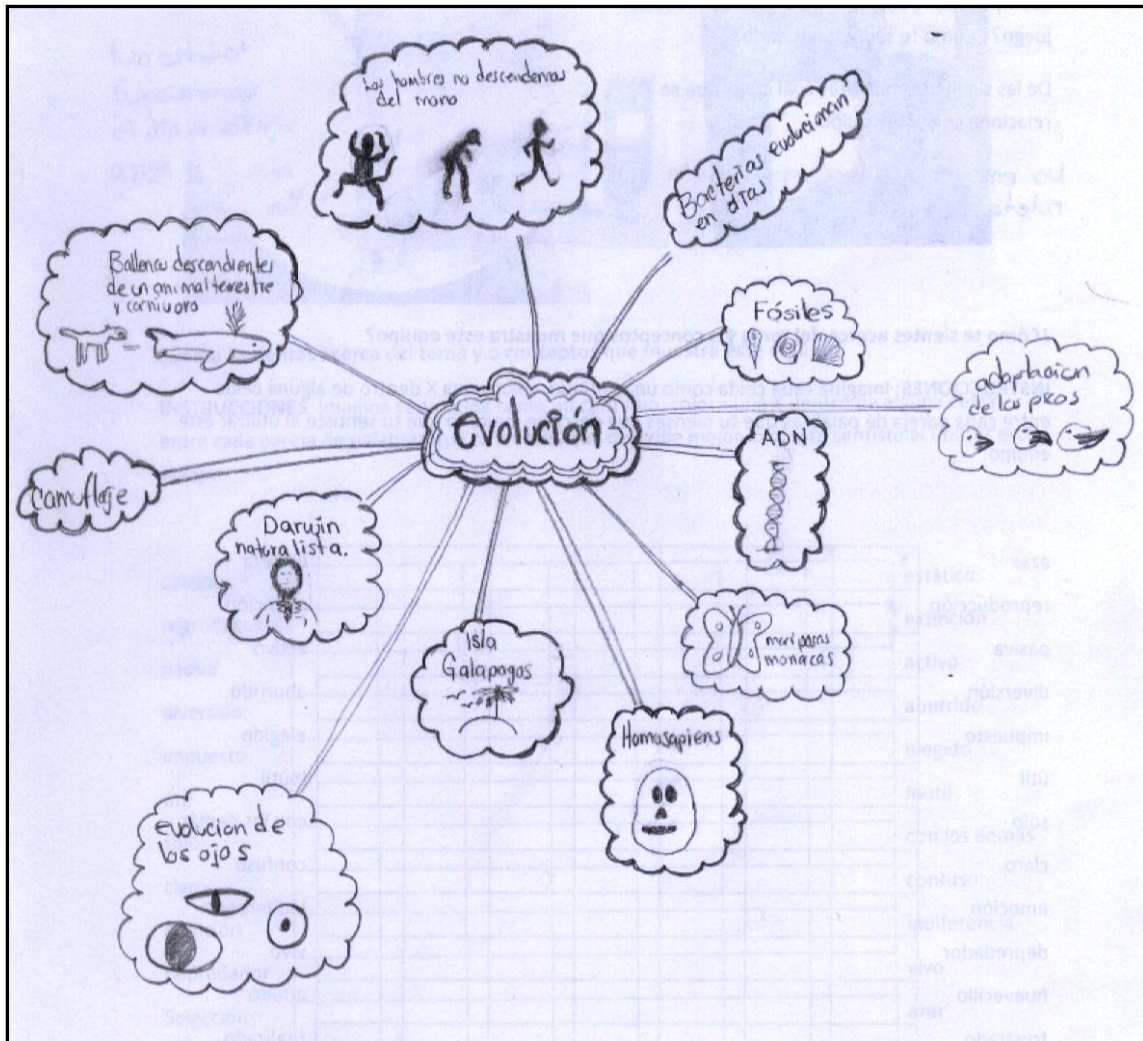


Ilustración 8. Este mapa muestra algunos de los conceptos que se narran y/o son descritos a través de los equipos de la sala. En este ejemplo el concepto central es la evolución, el cual está relacionado con otros conceptos o ideas. En este mapa se representa la evolución de la ballena, el equipo de los picos de los pinzones de Darwin, la evolución del ojo, la estructura del ADN, el equipo sobre el cultivo de las bacterias que es sometido a diferentes concentraciones de antibióticos.

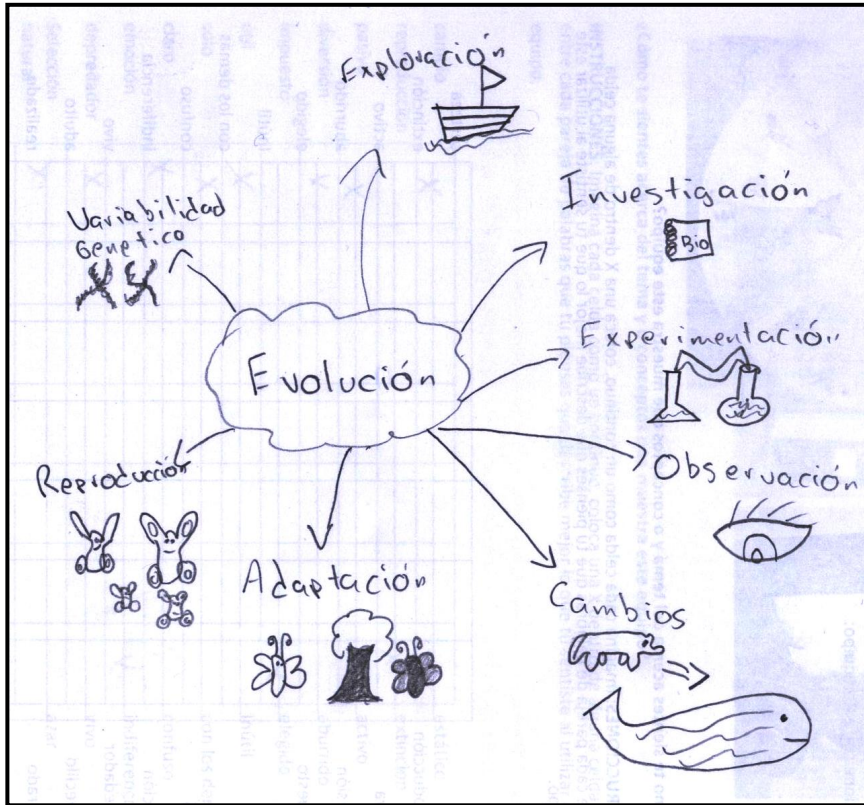
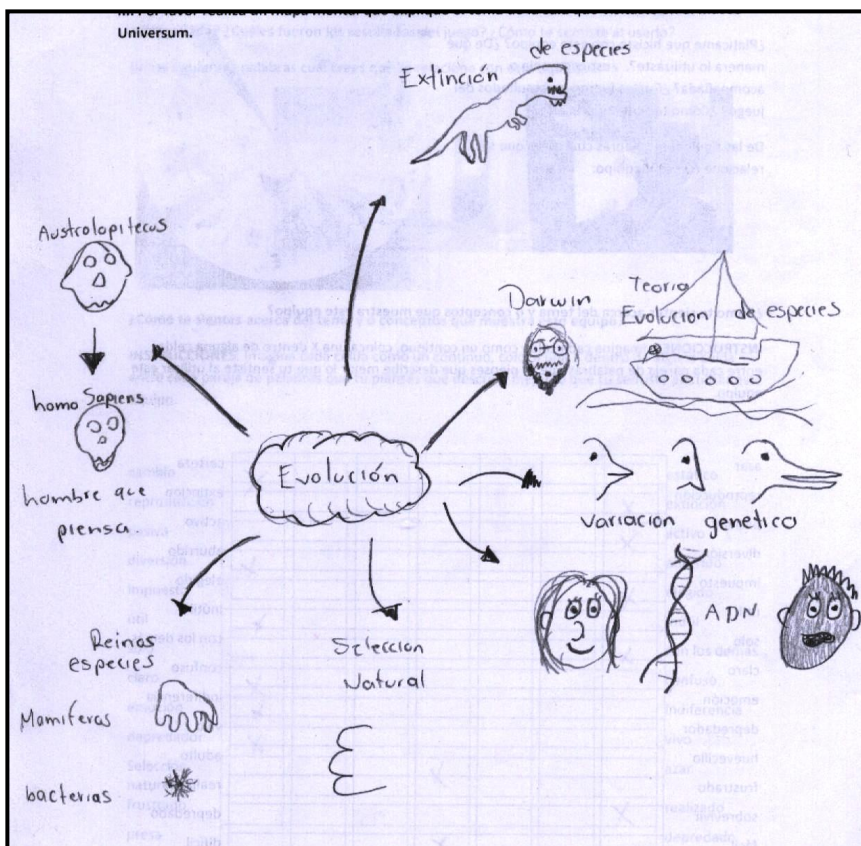


Ilustración 9. En estos dos mapas mentales el concepto central es la evolución. Los estudiantes utilizaron dibujos en donde hacen alusión a lo que vieron en la sala y también anexan otras ideas que consideran están relacionadas con el concepto central.



Categoría II

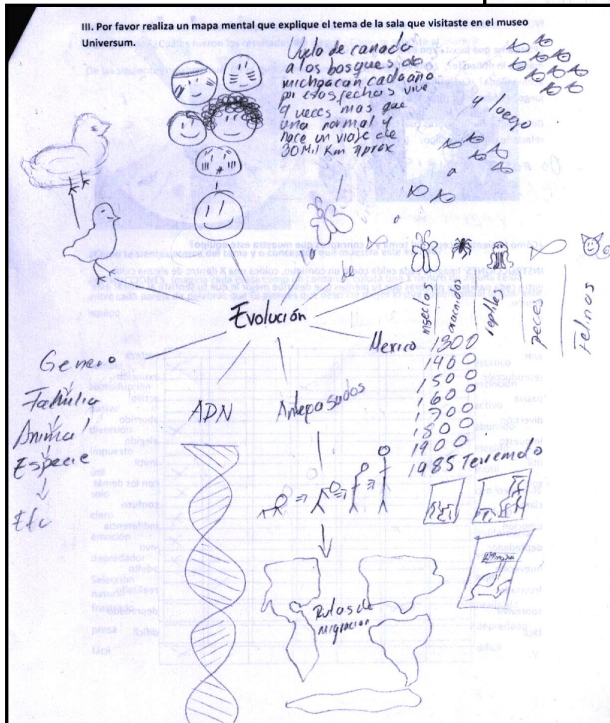
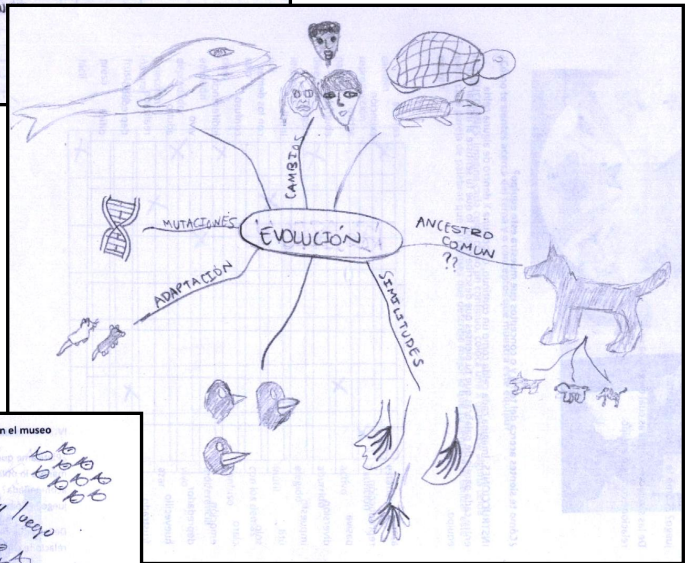
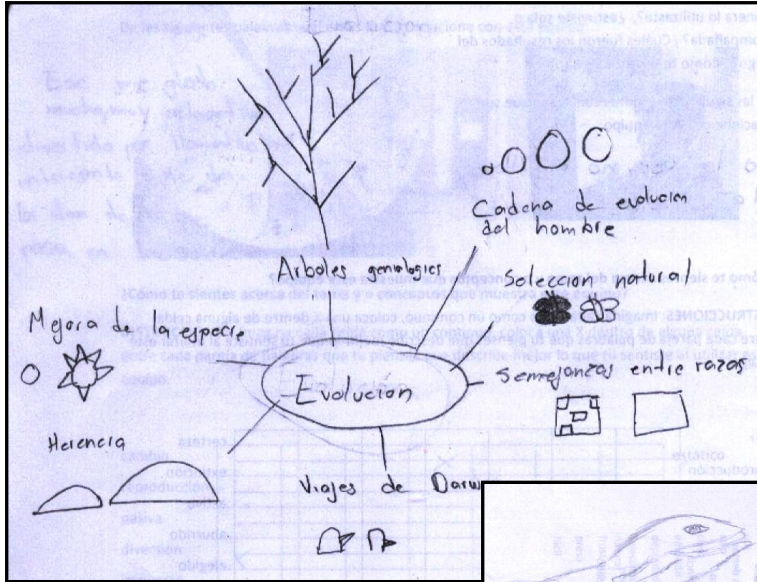


Ilustración 10. En estos tres mapas el concepto central sigue siendo la evolución, pero los estudiantes hacen una mezcla de dibujos que representan, por un lado, algunos de los equipos con los que interactuaron en la sala, e incluyen dibujos propios que ilustran los conceptos a los que hacen referencia y que consideran que relacionan o definen la evolución (el concepto central).

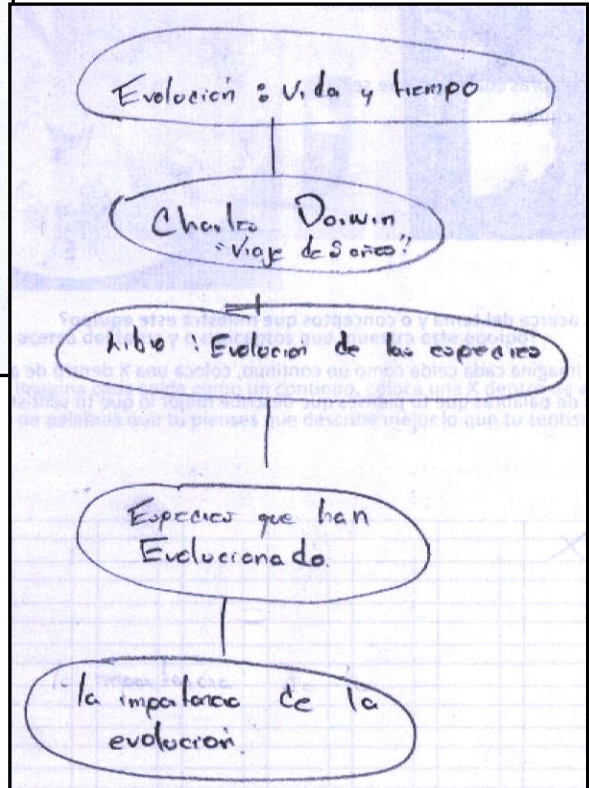
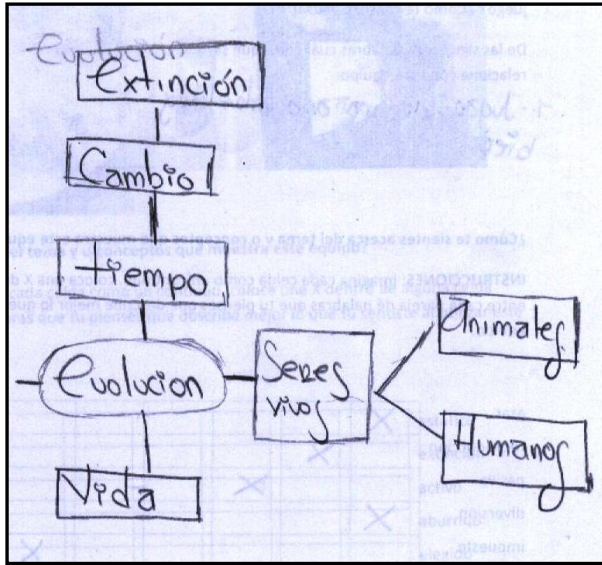
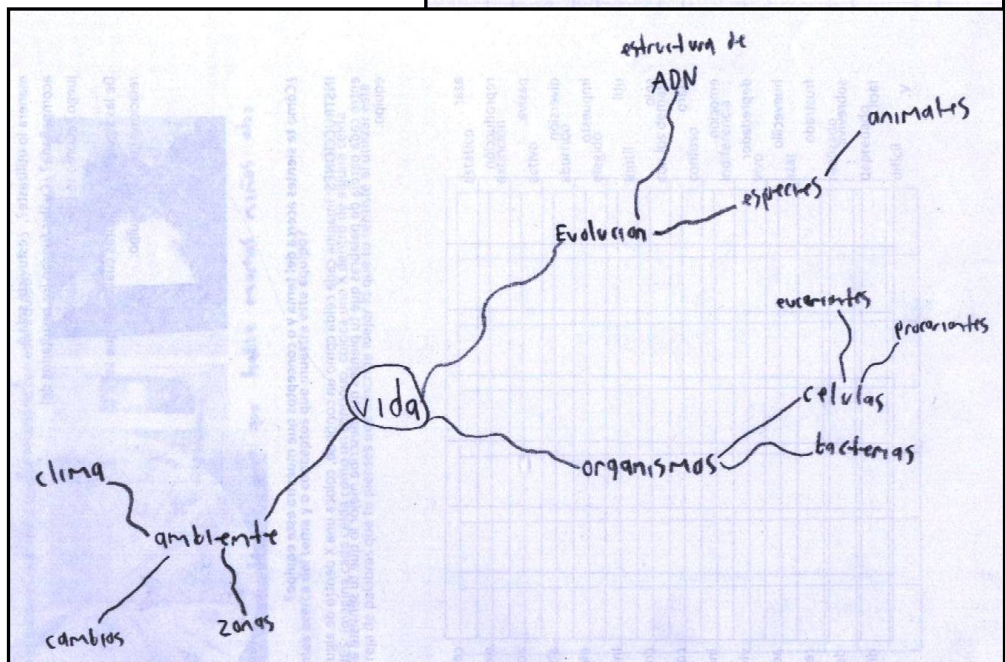


Ilustración 11. En estas tres representaciones no existe una relación entre los conceptos que se utilizan. Los estudiantes dejaron a un lado la representación de lo que vieron en la visita a la sala y sólo en el primer esquema (arriba) la palabra central es la evolución. Estos no corresponden al formato de mapa mental solicitado.



Conclusión del pilotaje

Los equipos descritos que fueron del agrado de los estudiantes son diversos en cuanto a su diseño y su propósito. Generaron sorpresa, participación, emociones de agrado y permitieron la comprensión de conceptos ya vistos por los estudiantes de 5to. semestre. Por ejemplo, en el caso del equipo que describe la evolución de las ballenas, éste sorprendió primero por la representación parcial del cuerpo de la ballena y el sonido que emitía, y porque el ancestro de la ballena actual fue un tetrápodo terrestre. La simulación del timón del barco Beagle en el cual viajó Darwin fue bien aceptado por las acciones que realizaron con este equipo, como apretar botones, manejar el timón y observar una pantalla que reaccionaba a la manipulación y dando explicaciones de la ruta del viaje y de las preguntas que Darwin hizo durante su traslado. El equipo de los rostros causó también sorpresa al observar la diversidad de rostros y encontrar un patrón en común con sólo acercarse o alejarse de la imagen, es decir, mirar desde diferentes perspectivas propiciaba que cada rostro cambiara a otro. El jugar (manipular) con las diferentes fichas con imágenes de organismos con la finalidad de colocarlos en su hábitat adecuado, para mimetizarse con su medio generó agrado, al igual que el equipo que permite mover diferentes placas de acetatos con imágenes de peces para representar el aislamiento geográfico de estas poblaciones. La representación de la molécula de ADN propició la mejor comprensión que cuando ésta es representada en un solo plano. Los equipos que hacen referencia a la cadera del mastodonte y al caparazón del armadillo causaron asombro debido a las comparaciones en tamaño de organismos antiguos y los del humano. Por último, causó agrado el equipo de las mariposas (*Biston betularia*) por ser computarizado y por manipularse a través de una pantalla digital.

En cuanto a la comprensión y apropiación de conocimientos, evidenciado por los mapas conceptuales, se observó que el nivel de relación de conceptos y la profundidad de los mismos es mínimo, ya que los estudiantes sólo relacionaron el concepto de evolución con lo que ellos observaron en la exposición y con lo que

previamente sabían. Con la perspectiva de los resultados de este estudio piloto se concluye para la siguiente fase que es necesario:

- Mostrar fotografías de los equipos, que sirve como una herramienta que permite evocar recuerdos (semánticos, emocionales y cognitivos) en los visitantes
- Con la finalidad de poder evidenciar cómo el contexto personal y social se ve influenciado por un tipo de equipo museográfico específico, es necesario elegir equipos museográficos que favorezcan un contexto en mayor proporción que otro
- Seleccionar tres equipos que propicien hipotéticamente en mayor proporción alguno de los tres contextos de la experiencia interactiva (personal, social y físico)
- Por lo anterior, de los equipos seleccionados para la siguiente parte de este estudio, se pretende contestar las siguientes preguntas:
 - ¿La memoria visual es un factor clave en el recuerdo de los estudiantes?
 - ¿Los equipos más recordados por lo estudiantes después de su visita a la sala “Evolución, vida y tiempo” serán los interactivos (manuales, automatizados y computarizados)?
 - ¿La visita al museo propicia la adquisición y construcción de conocimiento?
 - ¿Los comentarios emitidos por los estudiantes sobre la visita están definidos en función del tipo de contexto personal, físico y social al que los estudiantes están sometidos desde que planean su visita al museo y hasta que ésta termina?
 - ¿Qué efecto tiene cada uno de los equipos museográficos seleccionados en la memoria semántica, las emociones y en las habilidades que presentan los estudiantes después de la visita?
 - ¿Existe diferencia entre la participación de los visitantes que asisten en solitario o acompañados en cuanto a la memoria

semántica, las emociones y las habilidades producidos por los diferentes equipos?

- ¿El diseño del equipo propicia en mayor o menor proporción un tipo de contexto (personal, físico y social)?

3. Análisis de tres equipos museísticos

Variables de estudio

Independientes

- Tipos de equipos interactivos
- Tipo de visita: solitario o acompañado
- Conocimiento previo de los estudiantes (semestre que cursan)

Dependientes

- La memoria semántica
- Las emociones
- Las habilidades de pensamiento científico (aplicación del conocimiento científico y pensamiento crítico)

A continuación se describirán tres equipos museográficos de la sala “Evolución, vida y tiempo” que fueron seleccionados (tabla 16) para la segunda fase de la investigación sobre la “experiencia interactiva”. Éstos fueron seleccionados porque cada uno de ellos presenta un diseño diferente, lo que permite en la práctica que se favorezca un tipo de contexto (físico, social o personal); además están relacionados de manera conceptual, es decir, juntos conforman una estrategia para abordar conceptos como sobrevivencia, selección natural y una conclusión de lo que es la evolución. La siguiente tabla describe la clasificación de estos tres equipos de acuerdo con Santacana y Martín (2010), así como el tipo de contexto que favorece, de acuerdo con la propuesta del modelo de la experiencia interactiva (Falk y Dierking, 2000 a).

Tabla 16.

Clasificación de los tres equipos a analizar, siguiendo la propuesta de Santacana y Martín (2010), además el tipo de contexto que favorece cada uno de los equipos museográficos.

Número de equipo	Clasificación del equipo (módulo) interactivo	Clasificación por su funcionalidad	Tipo de interactividad que propician	Contexto que favorece (hipótesis)
Ruleta	Sistema mecánico-gráfico (MECGR 9.1)	Interrogación	Físico-manual	Social
Pantalla Digital	Sistema informático-táctil (INFORTC 14.2)	Causas-efectos-consecuencias	Sensitivo	Físico
Cartel	Sistema gráfico-gráfico (GRAFGRAF 1.1)	Observación	Visual	Personal

En la siguiente parte se describe ampliamente cada uno de los equipos a estudiar:

Descripción de los equipos museísticos

Ruleta “Sólo algunos sobreviven”



Ilustración 12. Equipo Ruleta “Sólo algunos sobreviven”, la cédula de este dispositivo indica lo siguiente: “Juguemos a ser una mariposa monarca. Inicia en la fase de huvecillo. Gira la ruleta y averigua si sobrevives”.

Este equipo es una ruleta que muestra el ciclo de vida de una mariposa monarca el cual inicia con la etapa del 1) huevecillo, del cual emerge una 2) oruga, las orugas forman capullo y entran a la fase de la 3) pupa o crisálida, la cual después

de unas semanas se transforma en mariposa monarca 4) adulta. En cada una de las etapas del ciclo de vida de la mariposa monarca se encuentran representados los factores antropogénicos, ecológicos, biológicos y climáticos (adversos) que propician que este organismo no sobreviva. También, la ruleta tiene secciones con mensajes de éxito de la supervivencia. La ruleta se debe colocar en la sección de inicio para poder girarla, si la flecha queda posicionada en alguna de las secciones de éxito, entonces el visitante puede seguir girando la ruleta apostando con cada giro no caer en una situación desfavorable. En la siguiente tabla se describen las etapas del ciclo de vida y los factores que propician o inhiben el paso a la siguiente etapa del ciclo de vida de la mariposa monarca.

Tabla 17.

Características que no propician la supervivencia de la mariposa monarca para cada una de las etapas del ciclo de vida, y mensaje de éxito.

Etapa y duración	Factores (antropogénicos, ecológicos, biológicos y climáticos)	Mensaje de éxito de supervivencia
Huevo (3-5 días)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cambios de temperatura (helada) 2. Depredadores (arañas, hormigas) 	<p>INICIO “Eres un huevecillo.”</p>
Oruga (9-14 días)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fertilizantes o pesticidas 2. Parásitos o enfermedades causadas por bacterias 	<p>“¡Te salvaste!, ya eres una oruga o larva!”</p>
Pupa (8-13 días)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Depredadores (murciélagos, pájaros) 2. Cambios de clima (sequía) 	<p>“¡Lo has logrado!, ahora eres una pupa o crisálida.”</p>
Adulta (3-5 semanas)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Depredadores (aves, ratones) 2. Alteración del hábitat por el hombre (tala inmoderada) 	<p>“¡Fiu!, eres una mariposa monarca adulta y estás lista para aparearte o emigrar.”</p>



Ilustración 13. Equipo Ruleta “Sólo algunos sobreviven”. En esta imagen se observa que la ruleta está dividida en secciones, una al centro (color beige) indica las fases del ciclo de vida de la mariposa monarca (pupa, adulta, oruga, huevo) y otra indica los factores que evitan la supervivencia de la mariposa monarca (color amarillo y gris), la tercera (color rojo) describe en frases el éxito de supervivencia del organismo.

Pantalla Digital “Selección Natural”

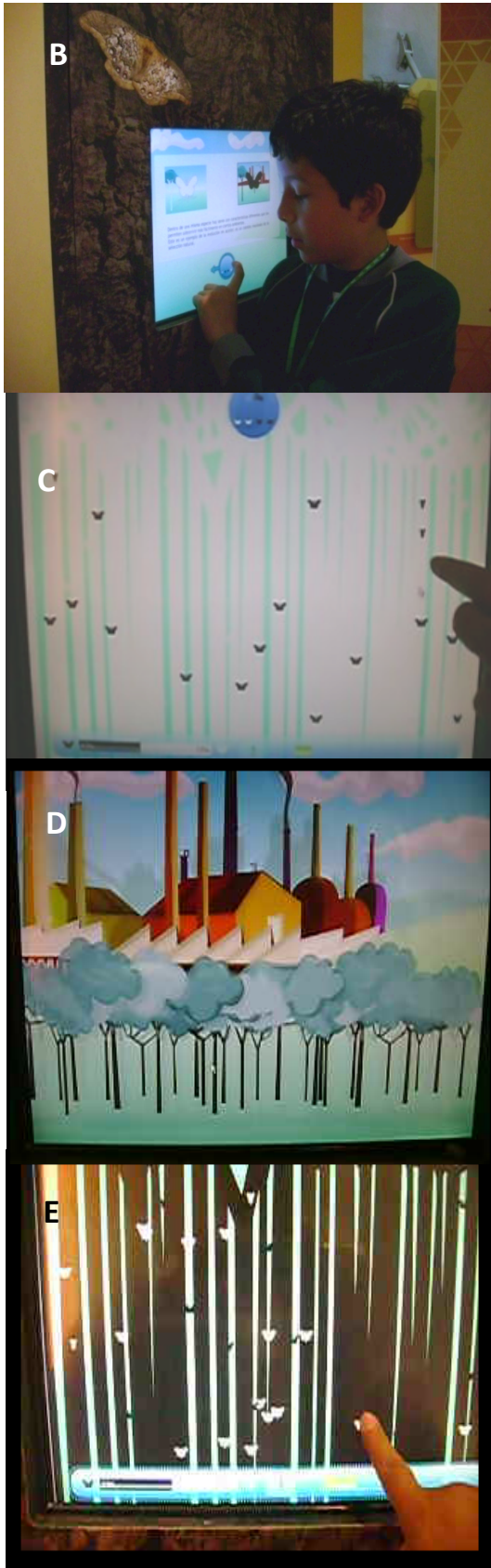


Ilustración 14. El equipo Pantalla Digital “Selección Natural” consta de dos computadoras que simulan los eventos que ocurrieron en el Siglo XIX con las poblaciones de la polilla *Biston betularia*, a través de pantallas táctiles (touch screen).



Este equipo simula la selección natural en la población de polillas de la especie *Biston betularia*. Este caso de melanismo industrial ha sido utilizado como un ejemplo para explicar la selección natural. El equipo simula la acción de las aves depredadoras, por lo que el visitante actúa como un depredador que tiene que comer a las polillas más visibles tocando la

pantalla. A continuación se narra una descripción del funcionamiento de este equipo:



Al inicio de la simulación, en la pantalla se muestra el título “El juego de las polillas”, “Selección Natural” y da la indicación de tocar la pantalla para iniciar el juego (15A). A continuación se observan varios árboles en acercamiento, la pantalla se enfoca en los troncos, los cuales son de color blanco. La pantalla muestra el siguiente mensaje: “Aquí viven y se están reproduciendo continuamente polillas que pueden ser blancas o negras. Conviértete en un depredador y trata de atrapar en el menor tiempo posible el mayor número de polillas sin importar el color. Toca la pantalla para comenzar”. El visitante toca con su dedo (ilustración 15B), en un tiempo determinado, la mayor cantidad de polillas que observa en la pantalla (ilustración 15C). Indiscutiblemente toca aquéllas que son más fáciles de observar, por contrastar con el fondo.

Ilustración 15 A-E. Estudiantes en grupo y en solitario interactuando con la pantalla del equipo “Selección natural”.

Cuando se acaba el tiempo destinado para esta acción, inmediatamente aparece en la pantalla la imagen de una fábrica y una población de árboles (Ilustración 15D) y la pantalla muestra el siguiente texto: “La contaminación ha hecho que la certeza de los árboles oscurezca”.

Posteriormente se observa cómo cambian de color claro a oscuro los troncos de los árboles. Como una acción instintiva (sin indicación), la pantalla hace un acercamiento a los troncos, ahora de color negro, y luego aparecen las polillas (de ambos colores). El visitante realiza la misma acción de atrapar las polillas que más pueda en un tiempo determinado (ilustración 15E). Al final de la depredación, el juego muestra los resultados de las cantidades de polillas atrapadas en ambos casos:

La primera vez atrapaste: 8 polillas blancas y 29 polillas negras Cuando la corteza del árbol es blanca, las polillas que más resaltan son las negras.	La segunda vez atrapaste: 26 polillas blancas y 6 polillas negras Cuando la corteza del árbol es negra, las polillas que más resaltan son las blancas.
---	---

Ilustración 16. Resultados finales de la simulación realizada por el equipo “Pantalla Digital”.

Con el resultado, se confirma que el color del fondo, es decir: el color del tronco del árbol, es un factor que influye en la identificación y depredación de las polillas. A continuación aparecen dos tipos de mensajes dependiendo de la pantalla en la que esté el participante jugando, si es la pantalla incrustada en el tronco blanco el mensaje indica:

“Un cambio en el ambiente propicia que las poblaciones tengan modificaciones y que éstas se transmitan de generación en generación. Éste es un ejemplo de la evolución en acción; es un cambio resultado de la selección natural”.

Si está en la pantalla incrustada en el troco oscuro, el mensaje dice:

“Dentro de una misma especie hay seres con características diferentes que les permiten sobrevivir más fácilmente en estos ambientes. Éste es un ejemplo de la evolución en acción; es el cambio resultado de la selección natural”.

Tabla 18.

Clasificación del equipo “Pantalla digital”, siguiendo la propuesta de Santacana Martín (2010) y tipo de contexto que favorece.

Equipo	Clasificación del equipo (módulo) interactivo.	Clasificación por su funcionalidad	Tipo de interactividad que propician	Contexto que favorece (hipótesis)
Pantalla Digital	Sistema informático-táctil (INFORTC 14.2)	Causas-efectos-consecuencias	Sensitivo	Físico

Cartel “Una receta fácil para lograr la evolución”

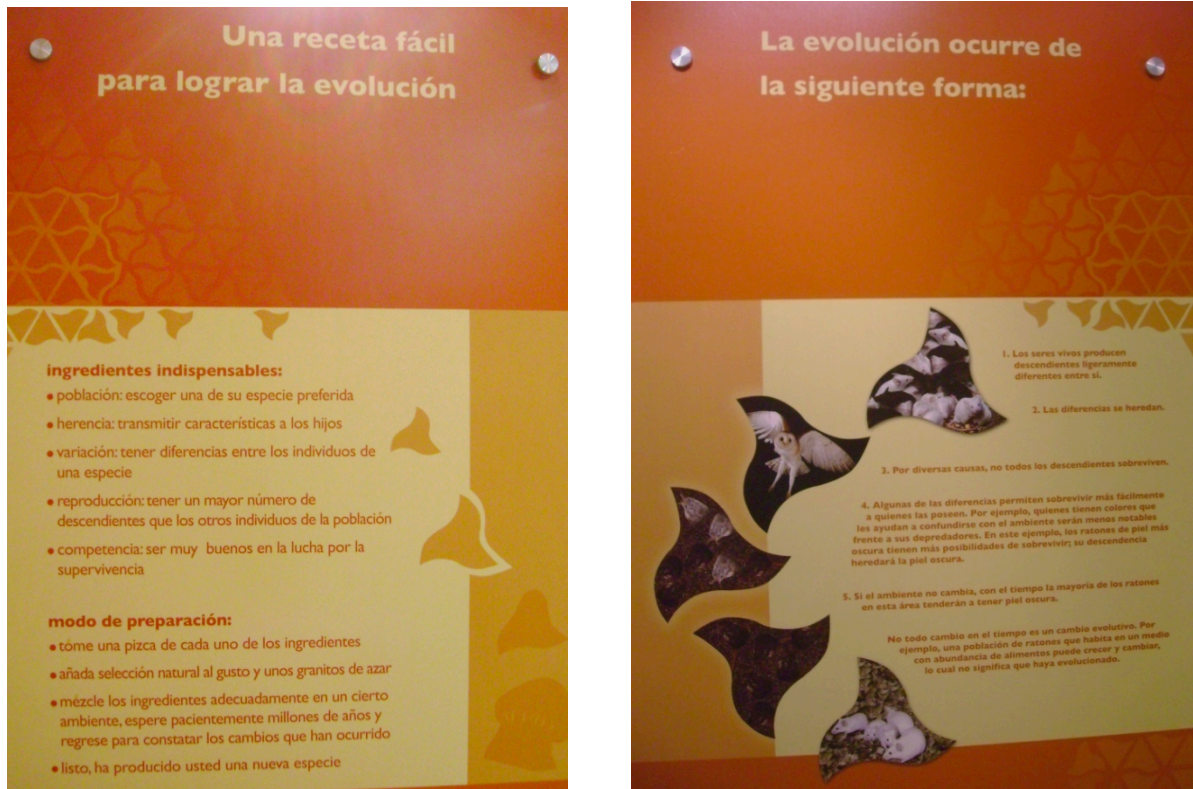


Ilustración 17. Cédula ilustrada en ambos lados de una mampara.

Tabla 19.

Clasificación del equipo “Cartel”, siguiendo la propuesta de Santacana Martín (2010) y tipo de contexto que favorece.

Equipo	Clasificación del equipo (módulo) interactivo	Clasificación por su funcionalidad	Tipo de interactividad que propician	Contexto que favorece (hipótesis)
Cartel	Sistema gráfico-gráfico (GRAFGRAF 1.1)	Observación	Visual	Personal

Esta cédula ilustrada y estática invita a la lectura, “Una receta fácil para lograr la evolución” y en esta receta los ingredientes indispensables son:

- Población: escoger una de su especie preferida
- Herencia: transmitir características a los hijos
- Variación: tener diferencias entre los individuos de una especie
- Reproducción: tener un mayor número de descendientes que los otros individuos de la población
- Competencia: ser muy buenos en la lucha por la sobrevivencia

Y el “Modo de preparación”:

- Tome una pizca de cada uno de los ingredientes
- Añada selección natural al gusto y unos granitos de azar
- Mezcle los ingredientes adecuadamente en un cierto ambiente, espere pacientemente millones de años y regrese para constatar los cambios que han ocurrido
- Listo, ha producido usted una nueva especie

Los equipos descritos anteriormente, además, pueden ser clasificados en cuanto a su función (open-ended, novedad tecnológica, diseño del equipo está centrado en el usuario y/o si propician la estimulación sensorial en los visitantes) y en cuanto a la intención pedagógica con la cual son construidos; por ejemplo, el equipo de la Ruleta (“Sólo algunos sobreviven”) permite el logro de diferentes resultados, por un lado pueden ser de tipo cognitivo, emocional (frustración, alegría), actitudinal y de habilidades, tanto de aplicación como de razonamiento crítico, por ello está

clasificado como un equipo de final abierto (open-ended). El diseño de la Ruleta está centrado en el usuario, ya que tiene que ser girada para poder obtener resultados, además el equipo estimula sensorialmente al usuario por su diseño (colores, imágenes y estética propia) y por último en cuanto a la intención pedagógica podemos decir que el equipo al presentar diferentes resultados de salida muestran que la supervivencia de una mariposa monarca está determinada por azar (aun con sus adaptaciones). Es posible también inferir que si una de las opciones de salida es exitosa (por azar), será necesario que la mariposa monarca llegue a la etapa adulta y se reproduzca. Así como la ruleta, el equipo de la Pantalla Digital y el del Cartel son caracterizados en la siguiente tabla:

Tabla 20.
Características de los tres equipos descritos en cuanto a la función e intención pedagógica.

Equipo/características	Función			Intención	
	Open-ended	Novedad tecnológica	Diseño centrado en el usuario	Estimulación sensorial	Intención pedagógica
Equipo Ruleta "Sólo algunos sobreviven"	X El equipo permite el logro de diferentes objetivos cognitivos. Puede propiciar resultados emocionales (frustración, alegría) actitudinales y conductuales.		X Permite rotarlo.	X El diseño del equipo, los colores, las imágenes y la estética del mismo.	Mostrar con el ejemplo de la mariposa monarca que la supervivencia de una mariposa (en diferentes estadios de su vida) está determinada por el azar.
Equipo Pantalla Digital "Selección Natural"	X El equipo permite el logro de diferentes objetivos cognitivos: puede propiciar resultados emocionales, actitudinales (cuidado del ambiente), conductuales.	X Uso de un software "simulador", la pantalla (touch screen).	X El visitante toca con su dedo la pantalla.	X Multimedia	Mostrar con la simulación de la depredación de las polillas el mecanismo de la evolución, por la selección natural, cambio en la frecuencia de las poblaciones y descendencia.
Equipo Cartel "Receta para la evolución"	-	-	-	-	Es una analogía que narra cómo se produce la evolución biológica.

Fuente: Elaboración propia

4. Método

Instrumento de indagación para el análisis de los tres equipos museográficos

Para el desarrollo de este estudio se eligieron dos poblaciones de estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente:

- Población A: estudiantes de segundo semestre que no han recibido ningún curso de biología.
- Población B: estudiantes de cuarto semestre que cursaban Biología II⁶⁸.
- A cada una de las poblaciones de estudiantes se les solicitó que asistieran a la sala “Evolución, vida y tiempo” en cualquiera de las siguientes condiciones de visita: en solitario o acompañados, a libre elección.
- Se les indicó que, además de visitar la sala, se les entrevistaría dos o tres días después de la misma y que era indispensable su participación con tres equipos museográficos de la sala “Evolución, vida y tiempo” (Ruleta, Pantalla Digital y Cartel) y durante la entrevista contestarían un cuestionario sobre su interacción con esos tres equipos y posteriormente se solicitaría su participación nuevamente, meses después, para finalizar la investigación.

Se implementó un instrumento de indagación con el propósito de resolver las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué efecto tienen cada uno de los equipos: “Ruleta”, “Pantalla Digital” y “Cartel” (que propician en mayor proporción y/o representan alguno de los contextos de la experiencia interactiva) en la memoria semántica, las emociones y en las habilidades que presentan los estudiantes después de la visita?

⁶⁸ En el curso de Biología II se abordan contenidos tales como el concepto, las evidencias y las consecuencias de la evolución.

- 2) ¿Existe diferencia entre la participación en solitario y en equipo sobre la memoria semántica, las emociones y las habilidades que se producen por los diferentes equipos?
- 3) Existe diferencia entre los recuerdos generados por los tres equipos entre las poblaciones que no han recibido ningún curso de biología en el CCH respecto a los que ya están cursando la asignatura?
- 4) ¿El diseño del equipo propicia en mayor o menor proporción un tipo de contexto (personal, físico y social)?

El cuestionario

El cuestionario es un instrumento de recogida de datos que consiste en la obtención de respuestas directamente de los sujetos estudiados a partir de la formulación de una serie de preguntas por escrito. Es utilizado tanto en la investigación de enfoque cualitativo como cuantitativo y está estructurado por un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir (Murillo, 2011)⁶⁹.

Se considera al cuestionario como uno de los elementos básicos en la investigación social, y toda la información que precisemos en una indagación debe estar recogida en el cuestionario que tiene la ventaja de requerir relativamente poco tiempo para reunir información sobre grupos numerosos, así el sujeto que responde proporciona por escrito información sobre sí mismo o sobre un tema dado (Hernández, 2001). Aunque también tiene la desventaja de que quien contesta responde azarosamente. Además, la uniformidad de los resultados puede ser aparente, pues una misma palabra puede ser interpretada en forma diferente por personas distintas, o ser comprensible sólo para algunas.

En esta investigación se construyó un cuestionario de tipo restringido o cerrado, el cual se caracteriza por solicitar respuestas breves, específicas y delimitadas. Se formularon preguntas cerradas con varias alternativas de respuestas donde se

⁶⁹ Página de docencia de F. Javier Murillo, Facultad de Formación de Profesorado y Educación, Departamento de Didáctica y Teoría de la Educación, Área de Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación, disponible en línea: http://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/ Universidad Autónoma de Madrid.

señala una o más opciones o categorías (ítems) en una lista de respuestas sugeridas. Las ventajas de este tipo de cuestionario es que requiere de un menor esfuerzo por parte de los encuestados a diferencia de las preguntas abiertas, y por otro lado se limitan las respuestas, es fácil de llenar y mantiene al estudiante en el tema; es relativamente objetivo y fácil de clasificar y analizar. En la siguiente tabla se describen los pasos del método que se siguió para el análisis de estos tres equipos:

Tabla 21.
Pasos del método para el análisis de los tres equipos museográficos.

Variable	Pregunta	Objetivo
Introducción	El investigador introduce al entrevistado. Da las indicaciones a seguir durante la entrevista y el llenado de las actividades a realizar durante ella. Responde a cualquier pregunta sobre el alcance del proyecto (al finalizar la entrevista).	
Memoria semántica Fotografías (diapositivas de tres equipos: Ruleta, Pantalla Digital y del Cartel).	<p>Ruleta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fenómeno de las mariposas monarca que simula la ruleta. <ul style="list-style-type: none"> a) ciclo de vida b) medio ambiente c) depredación d) supervivencia • Característica que explica la supervivencia de las mariposas monarca <ul style="list-style-type: none"> a) Evolución b) Selección Natural c) Azar d) Destino <p>Pantalla Digital</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fenómeno que produce que las poblaciones de polillas se modifiquen. <ul style="list-style-type: none"> a) Herencia b) Variación en la población c) Cambio en el ambiente d) Reproducción • El juego de las polillas simula la <ul style="list-style-type: none"> a) variación genética b) supervivencia c) selección natural d) reproducción 	Se muestran fotografías de los tres equipos pertenecientes a la sala “Evolución, vida y tiempo” para ayudar al estudiante a recordar el reconocimiento de las imágenes que trae a la mente recuerdos semánticos asociados y emociones. Esta es una herramienta en el descubrimiento y la evaluación del aprendizaje cognitivo.

	<p>Cartel</p> <ul style="list-style-type: none">• El primer ingrediente de la receta para lograr la evolución es:<ul style="list-style-type: none">a) transmitir características a los hijosb) tener un mayor número de descendientes que los otros individuos de la poblaciónc) tener una población de organismosd) variación: diferencias entre los individuos de una especie• El resultado de la evolución es:<ul style="list-style-type: none">a) la transformación de las especiesb) herencia de caracteresc) competencia entre las especiesd) la generación de nuevas especies
<p>Emociones</p>	<p>Ruleta</p> <ul style="list-style-type: none">• Elige la opción que describa tu experiencia al jugar con la ruleta.<ul style="list-style-type: none">a) indiferenciab) curiosidadc) interésd) disfrute <p>Pantalla Digital</p> <ul style="list-style-type: none">• La emoción que te generó tocar la pantalla fue:<ul style="list-style-type: none">a) indiferenciab) curiosidadc) interésd) motivación <p>Cartel</p> <ul style="list-style-type: none">• Ver la información desplegada en el cartel me genera:<ul style="list-style-type: none">a) flojerab) indiferenciac) interés
<p>Habilidades</p> <ul style="list-style-type: none">• Aplicación del conocimiento (1)• Pensamiento crítico y científico (2)	<p>Ruleta</p> <p>(1) Elige la opción correcta.</p> <ul style="list-style-type: none">• Una de cada dos plantas cultivadas en un programa de reforestación en la misma localidad llega a la etapa de madurez, mientras que la otra mitad no sobrevive. ¿A que podrías

atribuir la sobrevivencia de estas plantas?

- a) al azar
- b) a la evolución
- c) a la selección natural

(2) Elige alguna de las opciones que represente tu sentir respecto a cada una de las siguientes preguntas.

- El ejemplo de las mariposas nos indica que la ciencia puede explicarnos un fenómeno como el de la sobrevivencia, pero no puede explicar los hechos que ocurren al azar.

- +2 totalmente de acuerdo
- +1 de acuerdo pero no del todo
- 0 no puedo opinar
- 1 no estoy de acuerdo con la mayoría
- 2 totalmente en desacuerdo

Pantalla Digital

(1) Elige la opción correcta.

- Hace ya algunos años en la ciudad de México gracias al uso del DDT (insecticida) se erradicaron las poblaciones de piojos que parasitaban a los niños de primaria. En la actualidad se ha observado nuevamente un brote de piojos que está parasitando a los niños de primaria. De acuerdo con estas observaciones, ¿cuál sería la explicación a este fenómeno?

- a) Los piojos se hicieron resistentes al DDT y mutaron.
- b) Los piojos evolucionaron y ahora son resistentes al DDT.
- c) La mayoría de piojos murió por el DDT, pero los que resistieron dejaron descendencia.

(2) Elige alguna de las opciones que represente tu sentir respecto a cada una de las siguientes preguntas.

- Con el ejemplo mostrado en la pantalla Digital, podemos decir que la ciencia es neutral y puede explicarlo todo, además que los científicos nunca se equivocan.

+2 totalmente de acuerdo
+1 de acuerdo pero no del todo
0 no puedo opinar
-1 no estoy de acuerdo con la mayoría
-2 totalmente en desacuerdo

Cartel

(1) Elige la opción correcta.

- Una población inicial de ratones se separa en dos poblaciones por la aparición de un río y a través del tiempo surgen dos nuevas especies, este fenómeno ocurre a consecuencia de:
 - a) la selección natural
 - b) la evolución
 - c) el azar

(2) Elige alguna de las siguientes opciones que represente tu sentir respecto a cada una de las siguientes preguntas

- La receta para la evolución nos indica que los científicos pueden hacer evolucionar a los seres vivos si tienen los ingredientes necesarios.
 - +2 totalmente de acuerdo
 - +1 de acuerdo pero no del todo
 - 0 no puedo opinar
 - 1 no estoy de acuerdo con la mayoría
 - 2 totalmente en desacuerdo

¿Cómo se midió el conocimiento?

El aprendizaje logrado por los estudiantes después de la visita a la sala “Evolución, vida y tiempo” se midió a través del registro de la memoria semántica que se obtuvo de las respuestas que ellos dieron para cada uno de los tres equipos museísticos que se analizaron. Por otra parte, respondieron a través de un cuestionario de seis preguntas en total (2 por cada equipo museográfico), las cuales fueron de opción múltiple y versaron sobre el fundamento teórico que se consideró que el equipo representaba o intentaba explicar. Se calificaron las respuestas por cada uno de los equipos (ver anexo 1), la calificación se tomó como una variable fija dependiente en el análisis estadístico. En cuanto a las variables independientes, éstas fueron: 1) el tipo de visita (solitario o acompañado) y 2) el semestre que cursan los estudiantes (2do. y 4to.).

Tabla 22.

Preguntas de opción múltiple para cada uno de los equipos, la respuesta correcta está en negrillas y subrayada.

Equipo	Preguntas
Ruleta	<ul style="list-style-type: none"> Fenómeno de las mariposas monarca que simula la ruleta. <ul style="list-style-type: none"> a) Ciclo de vida b) Medio ambiente c) Depredación d) <u>Supervivencia</u> Característica que explica la supervivencia de las mariposas monarca. <ul style="list-style-type: none"> a) Evolución b) Selección Natural c) <u>Azar</u> d) Destino
Pantalla Digital	<ul style="list-style-type: none"> Fenómeno que produce que las poblaciones de polillas se modifiquen. <ul style="list-style-type: none"> a) Herencia b) <u>Variación en la población</u> c) Cambio en el ambiente d) Reproducción El juego de las polillas simula la <ul style="list-style-type: none"> a) variación genética b) supervivencia c) <u>selección natural</u> d) reproducción
Cartel	<ul style="list-style-type: none"> El primer ingrediente de la receta para lograr la evolución es: <ul style="list-style-type: none"> a) transmitir características a los hijos b) tener un mayor número de descendientes que los otros individuos de la población c) <u>tener una población de organismos</u> d) variación: diferencias entre los individuos de una especie El resultado de la evolución es: <ul style="list-style-type: none"> 3) la transformación de las especies 3) herencia de caracteres 3) competencia entre las especies 3) <u>la generación de nuevas especies</u>

¿Cómo se midieron las emociones?

Las emociones se registraron a través de tres preguntas en total (tabla 23), una pregunta para cada equipo, se buscaron diferencias significativas entre los equipos analizados. Con la finalidad de poder realizar un análisis de varianza, las opciones de respuestas se codificaron, se les asignó un valor numérico que abarcó números negativos y positivos, para distinguir de aquellas emociones “deseables” en los visitantes de las que no lo son.

La codificación de las respuestas puede entenderse como una escala progresiva (figura 11), por ejemplo, la opción “indiferencia” es una emoción no deseable desde el punto de vista museográfico, de la curiosidad se propician el interés y por último el disfrute; por lo tanto, cuando una exposición propicia de inicio curiosidad, permite al visitante interesarse y en consecuencia disfrutar de la misma.

Para poder codificar las respuestas se consideraron los siguientes valores:

- Flojera= -1
- Indiferencia= 0
- Curiosidad = 1
- Interés = 2
- Disfrute o motivación = 3

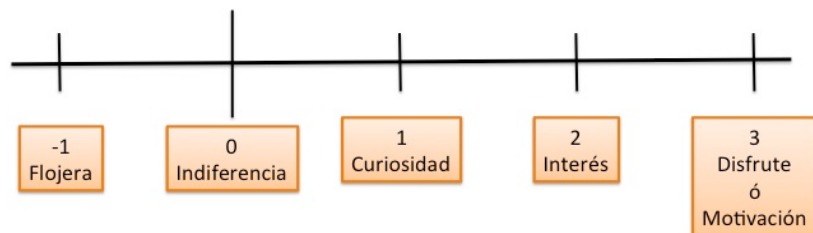


Figura 11. Escala progresiva de respuestas sobre las emociones.

Tabla 23.

Preguntas sobre emociones para cada uno de los tres equipos.

Equipo	Preguntas
Ruleta	<ul style="list-style-type: none"> Elige la opción que describa tu experiencia al jugar con la ruleta. <ol style="list-style-type: none"> indiferencia curiosidad interés disfrute
Pantalla Digital	<ul style="list-style-type: none"> La emoción que te generó tocar la pantalla fue: <ol style="list-style-type: none"> indiferencia curiosidad interés motivación
Cartel	<ul style="list-style-type: none"> Ver la información desplegada en el cartel me generó: <ol style="list-style-type: none"> flojera indiferencia interés

¿Cómo se midieron las habilidades?

Las habilidades tanto de aplicación del conocimiento como de pensamiento crítico/científico se obtuvieron siete meses después de la visita a la sala “Evolución vida y tiempo” del Museo Universum. Se enviaron mensajes por correo electrónico y se realizaron llamadas telefónicas para localizar a los 74 estudiantes que participaron en la primera fase de este estudio; no obstante, sólo se contactaron a 45 estudiantes, de los cuales tres formaron parte del grupo de “2do. semestre en solitario”, 23 pertenecen al “2do. semestre acompañados”, tres de “4to. semestre en solitario” y 16 son de “4to. semestre acompañados”. A estos 45 estudiantes se les solicitó que contestaran vía correo electrónico seis preguntas (dos por cada equipo) y que regresaran por la misma vía sus respuestas.

Las preguntas de habilidades de aplicación del conocimiento plantean una problemática similar a la expuesta en cada uno de los equipos, por lo tanto los estudiantes tienen que elegir una respuesta, misma que fue calificada. La calificación recibió el mismo procedimiento que los datos obtenidos de la memoria semántica, los datos obtenidos se encuentran en el anexo 3.

Las preguntas que corresponden a las habilidades de pensamiento crítico/científico son afirmaciones en las que los estudiantes eligen una opción que corresponde a una opinión respecto a la afirmación planteada, y las respuestas a estas afirmaciones se plantearon en una escala tipo Likert⁷⁰, (datos obtenidos anexo 4) por ejemplo:

Elige alguna de las siguientes opciones que represente tu sentir.

- +2 totalmente de acuerdo**
- +1 de acuerdo pero no del todo**
- 0 no puedo opinar**
- 1 no estoy de acuerdo con la mayoría**
- 2 totalmente en desacuerdo**

Tabla 24.

Preguntas para detectar habilidades de aplicación del conocimiento y de pensamiento crítico/científico para cada uno de los equipos museográficos. Las respuestas que están subrayadas son las correctas en el caso de aplicación del conocimiento, y para el pensamiento crítico las respuestas subrayadas son lo que se esperaría que contestaran la mayoría de los estudiantes.

Equipo	Preguntas de aplicación de conocimiento	Preguntas de pensamiento crítico/científico
Ruleta	<ul style="list-style-type: none"> • Una de cada dos plantas cultivadas en un programa de reforestación en la misma localidad llega a la etapa de madurez, mientras que la otra mitad no sobrevive. ¿A qué podrías atribuir la sobrevivencia de estas plantas? a) <u>al azar</u> b) a la evolución c) a la selección natural 	<ul style="list-style-type: none"> * El ejemplo de las mariposas nos indica que la ciencia puede explicarnos un fenómeno como el de la sobrevivencia, pero no puede explicar los hechos que ocurren al azar. <u>+2 totalmente de acuerdo</u> +1 de acuerdo pero no del todo 0 no puedo opinar -1 no estoy de acuerdo con la mayoría -2 totalmente en desacuerdo
Pantalla Digital	<ul style="list-style-type: none"> • Hace ya algunos años en la ciudad de México gracias al uso del DDT (insecticida) se erradicaron las poblaciones de piojos que 	<ul style="list-style-type: none"> * Con el ejemplo mostrado en la pantalla digital, es posible decir que la ciencia es neutral y puede explicarlo todo, además que los

⁷⁰ La escala tipo Likert constituye una de las técnicas de medida de creencias, preferencias y actitudes, y hace referencia a un procedimiento de escalamiento en el que el sujeto asigna los estímulos a un conjunto específico de categorías o cuantificadores lingüísticos, en su mayoría, de frecuencia (siempre, a veces, nunca, etc.) o de cantidad (todo, algo, nada, etc.) (Osinski y Sánchez, 1998)

	<p>parasitaban a los niños de primaria. En la actualidad se ha observado nuevamente un brote de piojos que está parasitando a los niños de primaria. De acuerdo con estas observaciones, ¿cuál sería la explicación a este fenómeno?</p> <p>a) Los piojos se hicieron resistentes al DDT y mutaron. b) Los piojos evolucionaron y ahora son resistentes al DDT. c) <u>La mayoría de piojos murió por el DDT, pero los que resistieron dejaron descendencia.</u></p>	<p>científicos nunca se equivocan.</p> <p>+2 totalmente de acuerdo +1 de acuerdo pero no del todo 0 no puedo opinar -1 no estoy de acuerdo con la mayoría -2 totalmente en desacuerdo</p>
<p>Cartel</p>	<p>• Una población inicial de ratones se separa en dos poblaciones por la aparición de un río y a través del tiempo surgen dos nuevas especies, este fenómeno ocurre a consecuencia de:</p> <p>a) la selección natural b) <u>la evolución</u> c) el azar</p>	<p>* La receta para la evolución nos indica que los científicos pueden hacer evolucionar a los seres vivos si tienen los ingredientes necesarios.</p> <p>+2 totalmente de acuerdo +1 de acuerdo pero no del todo 0 no puedo opinar -1 no estoy de acuerdo con la mayoría -2 totalmente en desacuerdo</p>

¿Cómo analizar los resultados?

Con la finalidad de caracterizar la población de estudio y verificar si existen diferencias estadísticamente significativas entre las variables a estudiar como son la memoria semántica, las emociones y las habilidades en función de cada uno de los tres equipos museográficos, y contestar las preguntas de investigación planteadas para esta fase, se analizaron los datos obtenidos para cada uno de los equipos museográficos a través de una prueba estadística ANOVA (Análisis de Varianza) multifactorial (Hernández, 2001); en donde los factores a analizar son dos: la escolaridad (2do y 4to semestre), y la circunstancia de la visita al museo (solitario o acompañado) ver figura 12.

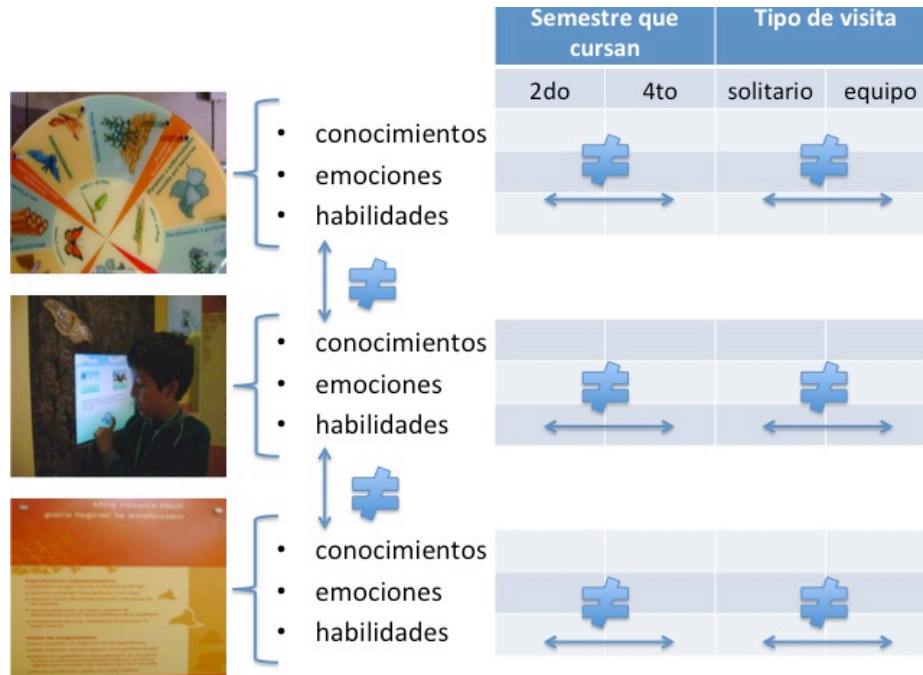


Figura 12. Este esquema muestra la búsqueda de diferencias significativas entre las distintas variables. El conocimiento, las emociones y las habilidades de los estudiantes después de la visita a la sala “Evolución, vida y tiempo”, serán evaluados para determinar si presentan variación y esta se debe a los tres equipos museográficos, se buscarán interacciones entre el nivel de escolaridad (semestre que cursan) y el tipo de visita (solitario y acompañado).

El análisis de la varianza (ANOVA) es una potente herramienta estadística, de gran utilidad, los ejemplos de aplicación son múltiples, según el objetivo que persiguen se pueden agrupar en dos principalmente: la comparación de múltiples columnas de datos y la estimación de los componentes de variación de un proceso. La comparación de diversos conjuntos de resultados es habitual en los laboratorios analíticos. Así, por ejemplo, cuando queremos analizar una muestra que ha estado sometida a diferentes tratamientos o ha estado almacenada en diferentes condiciones, existen dos posibles fuentes de variación: una es el error aleatorio en la medida y la otra es lo que se denomina factor controlado (tipo de método, diferentes condiciones, analista o laboratorio, etc.). Así este análisis es una de las herramientas estadísticas más utilizadas que permite la separación de las diversas fuentes de variación (Zar, 2009).

Cuando tenemos un factor, controlado o aleatorio, aparte del error propio de la medida, se habla del ANOVA de un factor. En el caso en el que se quiere investigar la influencia de diversos factores independientes sobre un fenómeno dado, por ejemplo, si se quiere analizar la influencia de la concentración del reactivo A y la temperatura a la que tiene lugar una reacción, entonces hablaríamos de un ANOVA de dos factores, o en este caso se dice que es un ANOVA multifactorial. De este análisis estadístico se puede deducir si cada uno de los factores o una interacción entre ellos tienen influencia significativa en el resultado.

¿Cómo saber si la combinación de ciertos factores, posee alguna influencia (interacción) en el valor de la variable respuesta? por ejemplo, si asistir al museo acompañado y ser de 4to semestre "mejora" el resultado en la memoria semántica que ir en solitario y ser de 2do semestre. Para poder responder esta pregunta, se realiza un ANOVA multifactorial con interacción.

Para utilizar el ANOVA de forma satisfactoria deben cumplirse tres tipos de supuestos, aunque se aceptan ligeras desviaciones de las condiciones ideales:

1. Cada conjunto de datos debe ser independiente del resto.
2. Los resultados obtenidos para cada conjunto deben seguir una distribución normal.
3. Las varianzas de cada conjunto de datos no deben diferir de forma significativa.

En el caso del ANOVA de una sola vía (unifactorial), la prueba alternativa de no cumplirse el supuesto de normalidad, es Kruskal Wallis la cual realiza un contraste sobre las medianas de los datos analizar. Para este caso, el ANOVA multifactorial realizado se llevó a cabo considerando que los datos obtenidos no presentan una distribución normal, pero es posible llevar a cabo esta prueba ya que se cumple con los otros dos supuestos.

Como el análisis de varianza se basa en comparar estadísticamente la variabilidad o las diferencias que se dan entre grupos, y si estas diferencias existentes son

significativas, se concluye que se trata de poblaciones distintas en relación con la característica estudiada (Hernández, 2001). Para ello se establece una prueba de hipótesis, la cual es una suposición que se desea comprobar, para este caso la hipótesis (H_0) es que: “*No existe diferencia estadísticamente significativa entre cada grupo de estudio*”, esta suposición se conoce como hipótesis nula. El criterio utilizado para aceptar o rechazar esta hipótesis fue obtener primero el resultado de F (prueba de Fisher) calculado y compararlo con el valor de F teórico (tablas, ver anexo) o también por el valor de probabilidad calculada. Siempre que se rechaza la hipótesis nula, como conclusión se acepta la hipótesis alternativa (H_1), la cual es que "si existen" diferencias significativas entre los grupos de estudio.

En este estudio⁷¹ se compararon las respuestas emitidas por los estudiantes a través del cuestionario, éstas se introdujeron en un editor de datos del programa SPSS (Statistical Package for the Social Sciences Statistics) Versión 17.0 y se utilizó el procedimiento de análisis univariado, en el que se designa a una de las variables como dependiente de otras. También se utilizó un nivel de significancia de 95%, mismo que es un estándar mínimo de probabilidad aceptable, ya que el riesgo que se asume al rechazar una hipótesis nula cuando ésta es cierta es de 5% ($\alpha=0.05$). Lo anterior equivale a decir que el 95% de los datos de la población cumplen con la suposición a probar.

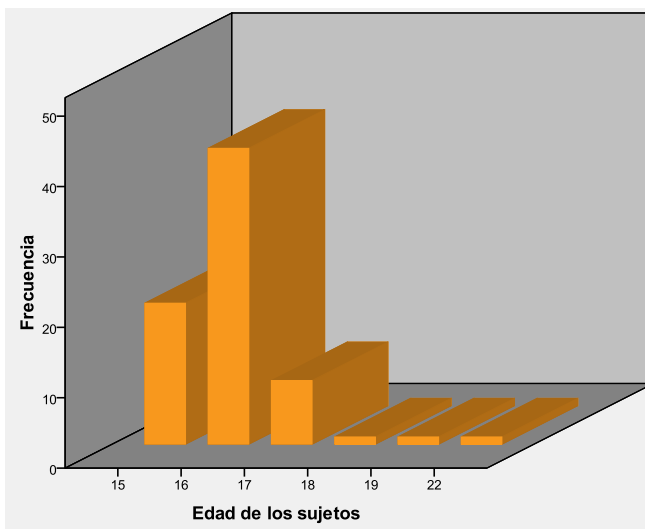
Al encontrarse diferencias significativas entre las medias de todos los grupos analizados por ANOVA (equipos museográficos), se realizó una prueba "post-hoc" con el fin de determinar qué grupos difieren entre sí. Para esta prueba de Tukey, lo que sigue es comparar esta diferencia obtenida con el valor HSD (diferencia honestamente significativa), este valor crítico calculado permite establecer que si la diferencia entre grupos es más grande que el valor de HSD, entonces podemos decir que la diferencia es significativa.

⁷¹ Para el análisis de resultados de habilidades en el caso de las preguntas de aplicación del conocimiento se realizaron ANOVAS, y para las habilidades de pensamiento crítico/científico se realizó, además de una ANOVA, un análisis estadístico descriptivo.

5. Resultados

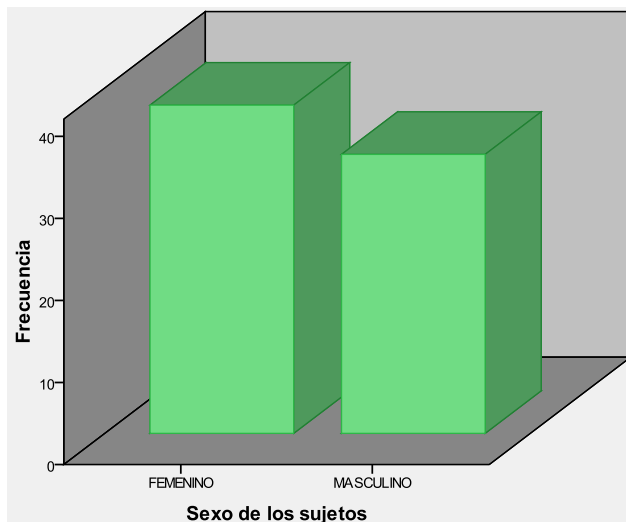
Características de la población

La muestra de estudiantes del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente que visitó la sala “Evolución, vida y tiempo” del museo Universum estuvo conformada por 74 estudiantes de ambos turnos, el promedio de edad fue de 16 años (tabla 25 y gráfica 2), con una desviación estándar de 1.034, el sexo femenino está representado por el 54.5% y el sexo masculino por el 45.5% (tabla 26 y gráfica 3). De la población total de este estudio, el 55.4% son estudiantes de segundo semestre (que no han llevado curso de biología) y el 44.6 % de cuarto semestre (ya cursaron Biología II) (tabla 27 y gráfica 4).



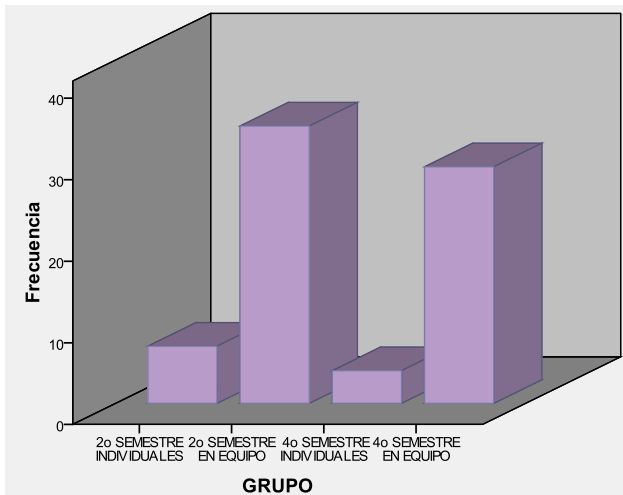
Edad de los sujetos		
	Frecuencia	%
15	20	27.03
16	42	56.76
17	9	12.16
18	1	1.35
19	1	1.35
22	1	1.35
Total	74	100

Tabla 25 y Gráfica 2. Distribución de la edad en la población de estudiantes $X = 16$ con $DS = 1.0334$.



Sexo de los sujetos		
	Frecuencia	%
Femenino	40	54.05
Masculino	34	45.95
Total	74	100

Tabla 26 y Gráfica 3. Frecuencia en porcentaje de los sexos femenino y masculino en la población de estudiantes.



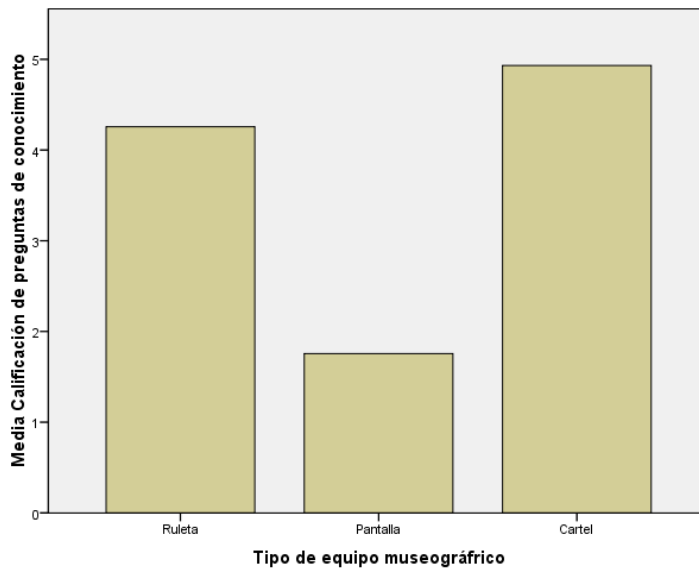
Grupo al que pertenecen los sujetos		
	Frecuencia	%
2do. sem. individuales	7	9.5
2do. sem. en equipo	34	45.9
4to. sem. individuales	4	5.4
4to. sem. en equipo	29	39.2
Total	74	100.0

Tabla 27 y Gráfica 4. Distribución de estudiantes de cada semestre que visitaron la sala en dos condiciones: individual (solitario) y en equipo.

1. Memoria semántica (conocimiento)

Se utilizó el software SPSS (Statistical Package for the Social Sciences Statistics) Versión 17.0 para comparar las medias⁷² de las calificaciones obtenidas para cada uno de los equipos museográficos, con el procedimiento de análisis multivariado, con un nivel de significancia de 95%. En el gráfico 5 se muestran las medias obtenidas de la calificación de las respuestas de conocimiento para cada uno de los equipos museográficos (Ruleta, Pantalla Digital y Cartel),

⁷² La media se define como la suma de todos los valores observados, dividido por el número total de observaciones.



Media y desviación de la calificación

Tipo de equipo museográfico	Media	N	Desv. Std.
Ruleta	4.26	74	3.577
Pantalla Digital	1.76	74	2.403
Cartel	4.93	74	3.747
Total	3.65	74	3.556

Tabla 28 y Gráfico 5. Medias de las calificaciones sobre conocimiento para cada uno de los equipos museísticos y desviaciones estándar.

La tabla 29 muestra un resumen del ANOVA multifactorial la variable dependiente es la *memoria semántica* (conocimiento), las fuentes de variación (factores), la suma de cuadrados, los grados de libertad (gl), las medias cuadráticas, el valor del estadístico (F) y la significancia (p). Toda la información en esta tabla está referida a los tres factores independientes (*equipo de museo*, *tipo de visita* y el *semestre* que cursan los estudiantes) que explican la variación de la variable dependiente, en este caso la calificación obtenida por los estudiantes (memoria semántica).

Las filas siguientes (*equipo museográfico*, *tipo de visita* y *semestre*) recogen los efectos principales, es decir, los efectos individuales de cada uno de los factores sobre la variable independiente (memoria semántica); dicho de otra manera, y de acuerdo con los valores de significancia, se observó que existe diferencia significativa en las calificaciones obtenidas de los diferentes *equipos museográficos* ($p= 0.041$), así como de los *tipos de visita* ($p=0.001$), pero no hay diferencia significativa para *semestre* ($p= 0.418$).

Tabla 29.

Resultado de ANOVA multifactorial para los valores de las respuestas de conocimiento (memoria semántica). Se observan diferencias significativas para las variables “equipo museográfico” (F=3.240, gl=2 y p=0.041) y el Tipo de visita (F=16.826, gl=1 y p=0.001).

Variables	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	Valor estadístico F	p
Equipo museográfico	64.459	2	32.230	3.240	.041
Tipo de visita	167.379	1	167.379	16.826	.001
Semestre	6.551	1	6.551	.659	.418

Una vez identificado que existen diferencias atribuibles al factor *equipo museográfico*, y con la finalidad de determinar que equipos son los que difieren entre si, se realizó una prueba post hoc (HSD de Tuckey) que permitió observar diferencias entre los siguientes pares de equipos museográficos: Ruleta/ Pantalla Digital y Pantalla Digital/Cartel (tabla 30).

Tabla 30.

Prueba HSD de Tukey para las calificaciones de respuestas de conocimiento.

Tipo de equipo museográfico	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Pantalla Digital	74	1.76	
Ruleta	74		4.26
Cartel	74		4.93

Interacciones entre factores

La tabla 31 contiene la información sobre los efectos de las interacciones entre pares de factores (*equipo de museo y tipo de visita, equipo de museo y semestre, tipo de visita y semestre*). En esta tabla se observa que la interacción *Equipo museográfico*Tipo de visita*, aunque presenta un valor de $p=0.057$, no posee un efecto significativo (tabla 31 y gráfica 6); en cambio, la interacción *Tipo de visita*Semestre* sí posee un efecto significativo por presentar un valor de $p=0.023$ (gráfica 7).

Tabla 31.

Existen diferencias significativas en las interacciones de los factores "tipo de visita" y "semestre" ($p=0.023$).

Variables	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	Valor estadístico F	p
Equipo museográfico * Tipo de visita	57.926	2	28.963	2.912	.057
Equipo museográfico * Semestre	5.603	2	2.801	.282	.755
Tipo de visita * Semestre	52.126	1	52.126	5.240	.023

En las siguientes gráficas (6 y 7) se observa el efecto de la interacción de dos factores cuando dos ejes se se cruzan. En la gráfica 6 los factores que están representados son *Equipo museográfico* y *Tipo de visita*, no presentan interacción, ya que ninguno de los ejes se toca. Se observa que la media de las calificaciones de conocimientos (memoria semántica) es mayor si los estudiantes van acompañados sólo para los equipos museográficos Ruleta y Cartel, en comparación con el tipo de visita en solitario, en el que la media de las calificaciones para conocimientos es inferior y no hay diferencias entre equipos.

Representación gráfica del ANOVA para calificación (memoria semántica)

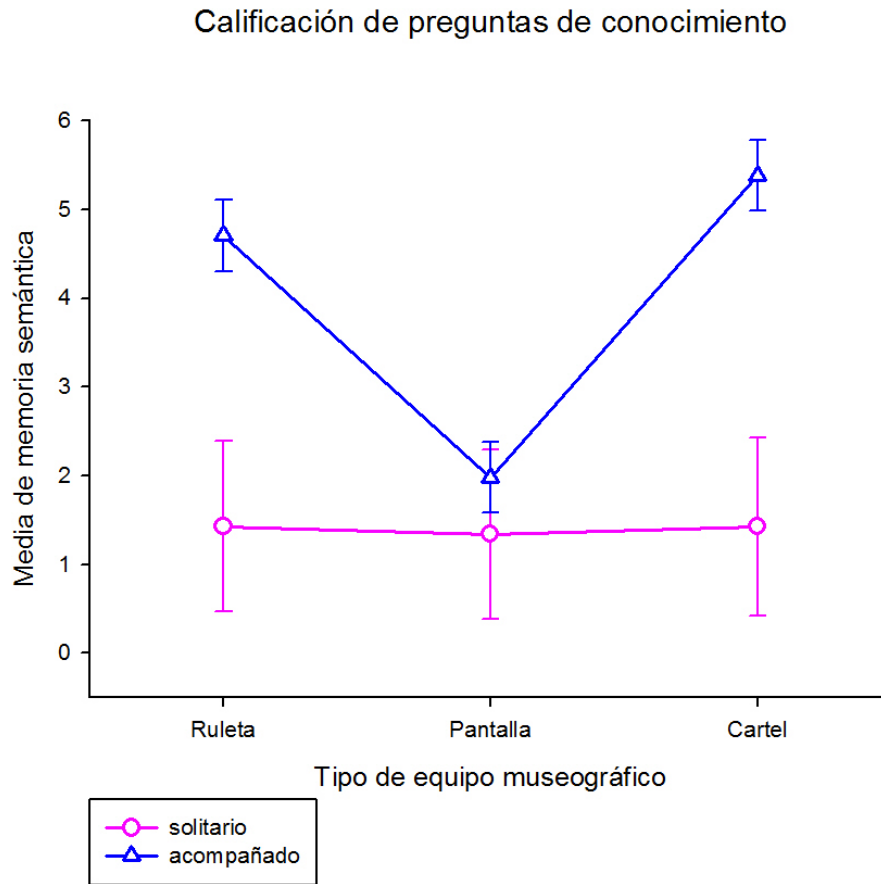


Gráfico 6. Este gráfico muestra que el valor de la media para el equipo Ruleta es mayor si los estudiantes van acompañados que en solitario; en el caso de la Pantalla Digital el valor de la media es casi similar; y se repite el mismo patrón para el equipo Cartel, en donde el valor de la media es mayor si los estudiantes van acompañados que solitarios.

Calificación de preguntas de conocimiento

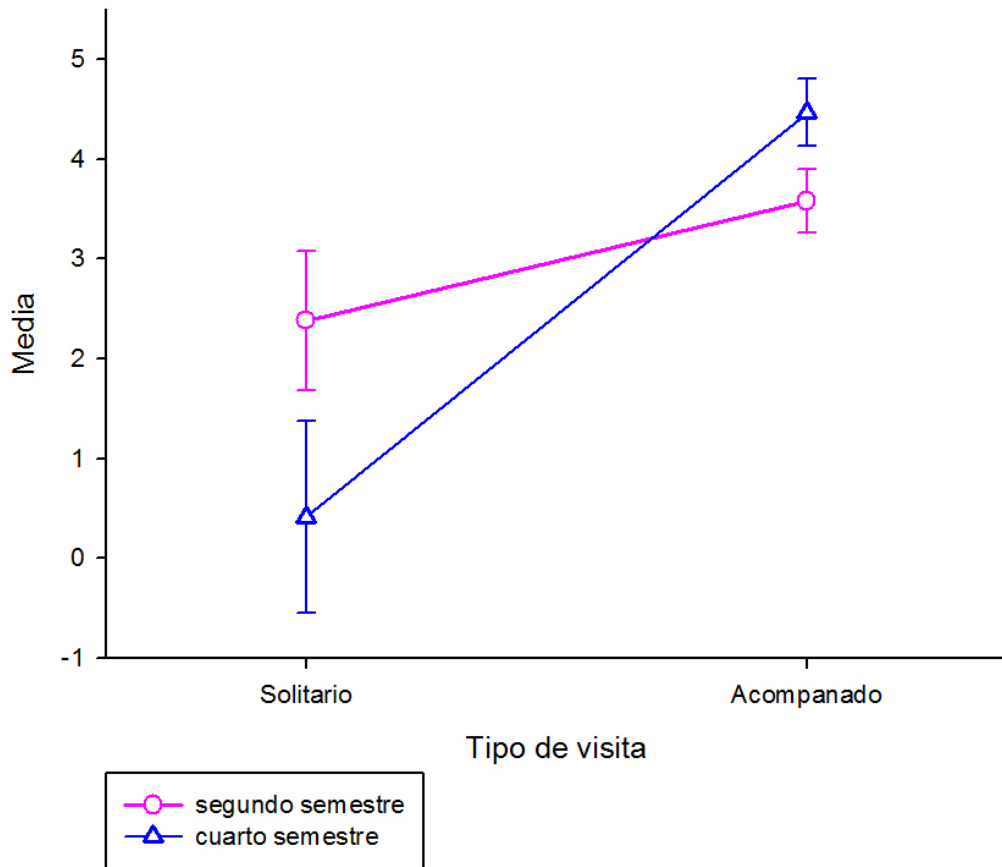


Gráfico 7. Este gráfico muestra una interacción dentro de dos factores *Tipo de visita* y *Semestre*, ($F=5.240$, $gl=1$ y $p=0.023$), el valor de la media del conocimiento (memoria semántica) es mayor cuando los estudiantes son de cuarto semestre y además van acompañados.

En resumen, estas interacciones muestran que por un lado hay diferencias debidas al equipo museográfico; la adquisición del conocimiento se ve favorecido en los equipos Ruleta y Cartel, además, si la visita se realiza en situación de acompañamiento y si los estudiantes son de cuarto semestre, esto contribuye a una diferencia observable en la adquisición del conocimiento (memoria semántica).

2. Emociones

Al compararse las medias de las emociones para cada uno de los equipos museográficos con el procedimiento de análisis multivariado con un nivel de significancia de 95%, se obtuvo la gráfica 8 y la tabla 32, que muestran el valor de las medias obtenidas de las emociones para los equipos Ruleta, Pantalla Digital y Cartel.

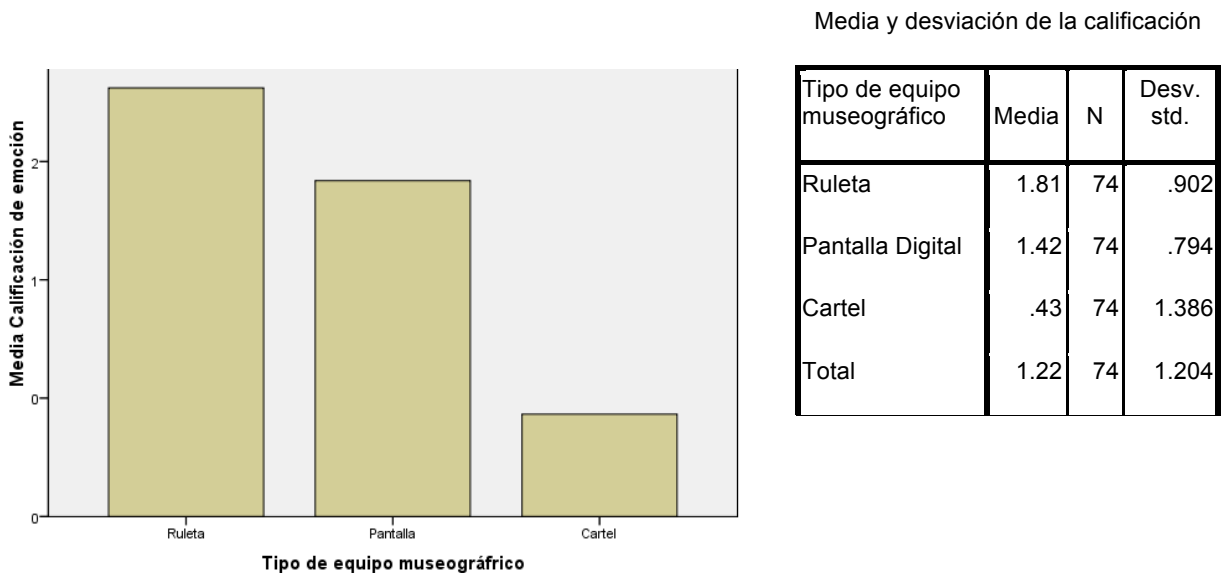


Tabla 32 y Gráfica 8. Medias de los valores de emociones para cada uno de los equipos museográficos.

En el caso del equipo Ruleta, el tipo de emociones está entre interés y disfrute o motivación, mientras que en el equipo Pantalla digital se acerca a interés y en el caso del cartel los estudiantes mostraron indiferencia, de acuerdo con la figura 11 que se muestra a continuación:

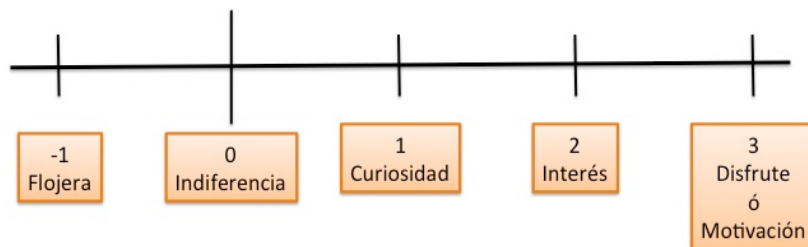


Figura 11. Escala progresiva de respuestas sobre las emociones.

La tabla 33 muestra un resumen del ANOVA multifactorial, la variable dependiente es *emociones*, las fuentes de variación (factores), la suma de cuadrados, los grados de libertad (gl), las medias cuadráticas, el valor del estadístico (F) y la significancia (p). Toda la información en esta tabla está referida a los tres factores independientes (*equipo de museo*, *tipo de visita* y el *semestre* que cursan los estudiantes) que explican la variación de la variable dependiente, en este caso las emociones referidas por los estudiantes.

De acuerdo con los resultados obtenidos para las emociones, se observó diferencia significativa en las *emociones* referidas por los estudiantes sólo en el factor *equipos museográficos* (F= 4.060, gl=2 y p=0.019) a continuación se detalla esta información en la tabla 32.

Tabla 33. Resumen de ANOVA multifactorial para los valores de las emociones (codificadas). Se observa diferencia significativa de la variable dependiente (emociones) y el factor *equipo museográfico* (F=4.060, gl=2 y p=0.019).

Variables	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	Valor estadístico F	p
Equipo museográfico	8.945	2	4.472	4.060	.019
Tipo de visita	.800	1	.800	.726	.395
Semestre	.623	1	.623	.566	.453

Se realizó una prueba post hoc (HSD de Tuckey) que permitió observar que existen diferencias significativas entre los valores de emociones para los siguientes pares de equipos museográficos: Cartel/Pantalla Digital y Cartel/Ruleta, (tabla 34).

Tabla 34. Prueba HSD de Tukey para los valores de emociones.

Tipo de equipo museográfico	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Cartel	74	.43	
Pantalla Digital	74		1.42
Ruleta	74		1.81

Interacciones entre factores

En tabla 35 es posible observar que sólo en el caso de *Equipo museográfico*Tipo de visita* existe interacción en relación con la variable independiente (emociones) ($F=5.607$, $gl=2$ y $p=0.004$). Lo que muestra que existe un efecto positivo sobre las emociones cuando se trata del equipo Ruleta, ya que el valor de la media de las emociones aumenta si los estudiantes además de usar el equipo van acompañados. Este efecto se observa en el gráfico 9.

Tabla 35.

Existen sólo diferencia significativa en la interacción de los factores *Equipo museográfico* y *Tipo de visita* ($p=0.004$).

Variables	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	Valor estadístico F	p
Equipo museográfico * Tipo de visita	12.355	2	6.177	5.607	.004
Equipo museográfico* Semestre	1.761	2	.881	.799	.451
Tipo de visita * Semestre	1.361	1	1.361	1.235	.268

Representación gráfica del ANOVA para las emociones

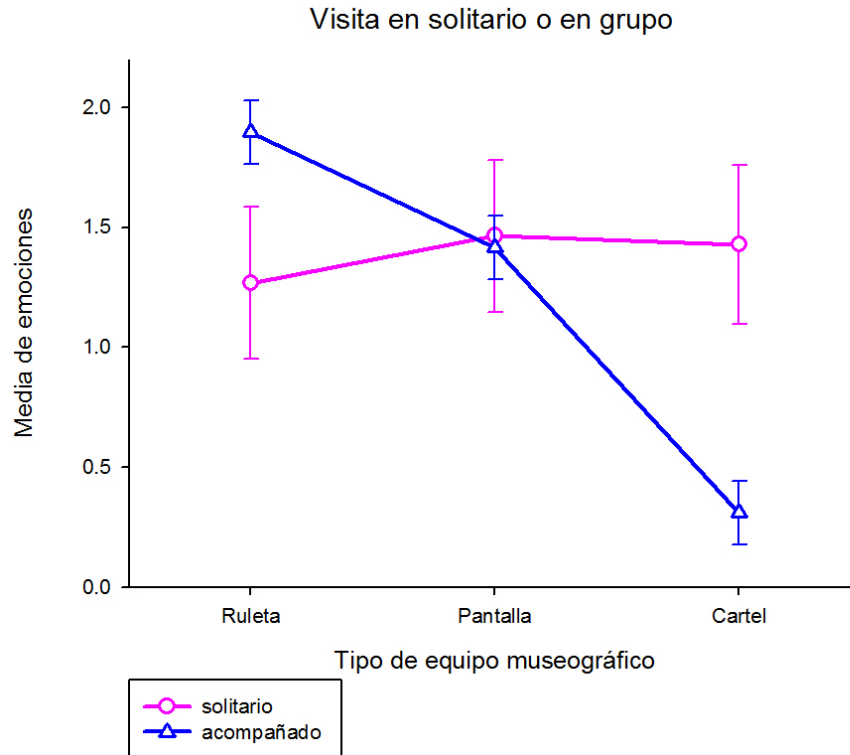


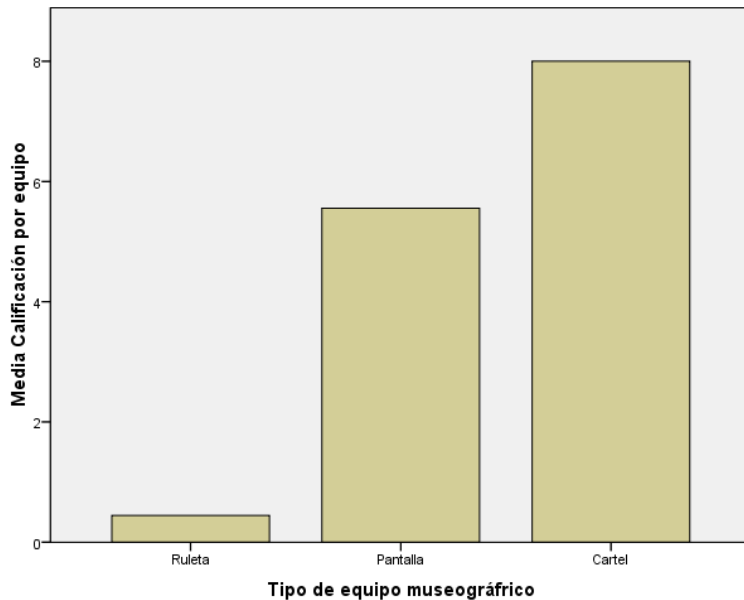
Gráfico 9. Se observa diferencia significativa para la intersección tipo de equipo museográfico y tipo de visita. El valor de la media de las emociones en el caso del equipo Cartel tiene un valor disminuido cuando los estudiantes asisten acompañados a diferencia de cuando van en solitario; en el caso del equipo Pantalla Digital, no existe cambio si van acompañados o en solitario. Pero se observa un incremento en el valor de la media en el caso del equipo Ruleta: los estudiantes expresan emociones positivas al ir acompañados que si lo hicieran en solitario.

En resumen, las diferencias en emociones son atribuibles al tipo de equipo museográfico con el que interactúan los visitantes, en este caso es mayor en el equipo ruleta y pantalla digital, además respecto a la interacción se observa que los visitantes muestran interés al ir acompañados e interactuar con el equipo ruleta en comparación con el equipo cartel, el cual les es indiferente.

3) Habilidades

Aplicación del conocimiento

Las medias de las calificaciones obtenidas para cada uno de los equipos museográficos que permitieron medir habilidades de aplicación del conocimiento fueron comparadas con el procedimiento de análisis univariado y un nivel de significancia de 95%, se obtuvo la gráfica 10, los mejores resultados de la calificación son los que corresponden al equipo Cartel.



Media y desviación estándar de la calificación obtenida en cada uno de los equipos museográficos.

Tipo de equipo museográfico	Media	N	Desv. std.
Ruleta	0.44	45	2.084
Pantalla	5.56	45	5.025
Cartel	8.00	45	4.045
Total	4.67	45	5.007

Tabla 36 y Gráfica 10. Medias de los valores de habilidades (aplicación del conocimiento) para cada uno de los equipos museográficos.

De acuerdo con los resultados obtenidos para las habilidades de aplicación del conocimiento (variable dependiente), se corrobora únicamente la diferencia significativa del factor *equipo museográfico*; ($F=8.986$, $gl=2$ y $p<0.001$) no se encontraron diferencias significativas en las interacciones entre los factores analizados (variables independientes) ver tabla 37.

Tabla 37. Resumen de ANOVA para los valores de conocimiento (aplicación). Se observa exclusivamente diferencia significativa para la variable “equipo museográfico” y no existe diferencia significativa en las interacciones.

Variables	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	Valor estadístico F	p
Equipo museográfico	26.281	2	13.140	8.986	.001
Tipo de visita	4.698	1	4.698	3.212	.076
Semestre	.143	1	.143	.098	.755
Equipo museográfico * Tipo de visita	.294	2	.147	.100	.904
Equipo museográfico * Semestre	.433	2	.217	.148	.863
Tipo de visita * Semestre	.004	1	.004	.002	.960

Se observó a través de la post hoc (HSD de Tuckey) que existen diferencias significativas entre las medias de las calificaciones de aplicación del conocimiento entre los siguientes pares de equipos museográficos: Ruleta/ Pantalla Digital y Ruleta/Cartel, (tabla 38).

Tabla 38. Prueba HSD de Tukey para los valores de emociones

Tipo de equipo museográfico	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Pantalla Digital	45	-.51	
Cartel	45	.004	
Ruleta	45		1.09

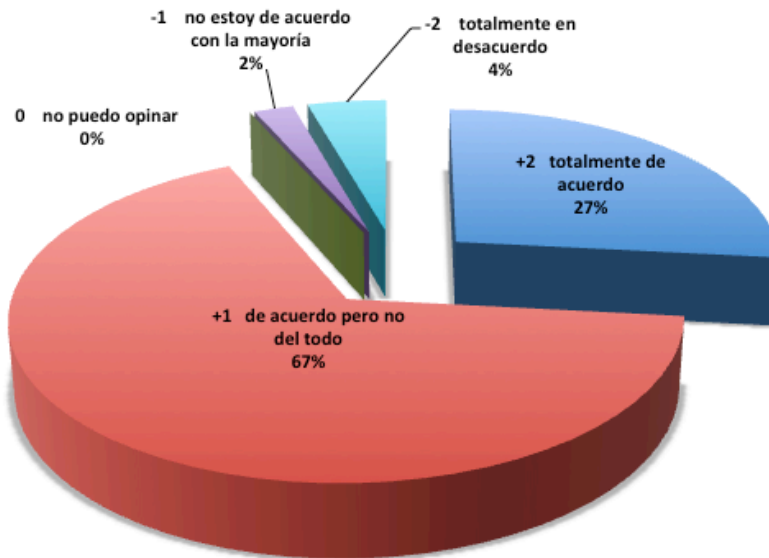
Pensamiento crítico

La tabla 39 muestra los resultados de las respuestas emitidas para las preguntas de habilidades.

Tabla 39. Resultados de distribución de las respuestas para cada uno de los equipos museográficos

Recuento	Tipo de equipo museográfico			Total
	Ruleta	Pantalla Digital	Cartel	
-2 totalmente en desacuerdo	2	10	11	23
-1 no estoy de acuerdo con la mayoría	1	19	7	27
0 no puedo opinar	0	0	6	6
+1 de acuerdo pero no del todo	30	16	13	59
+2 totalmente de acuerdo	12	0	8	20
Total	45	45	45	135

A continuación se grafican los resultados obtenidos para cada equipo museográfico (gráfica 11, 12 y 13).

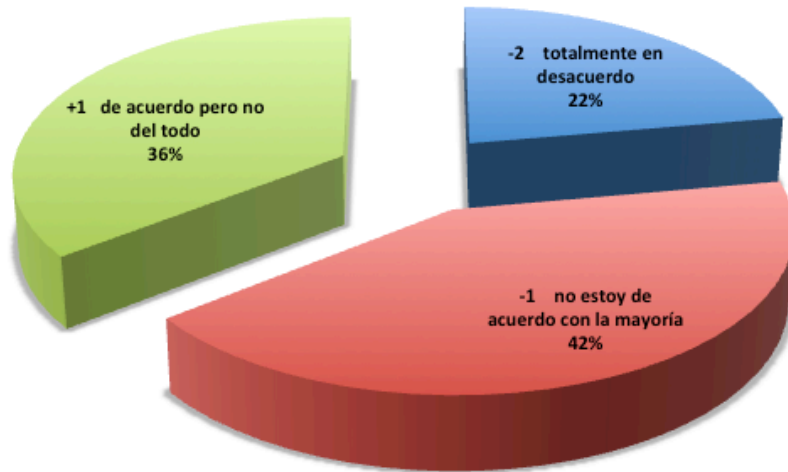


Gráfica 11. Distribución de las respuestas para el equipo "Ruleta". Como se observa, 67% de los estudiantes considera que están de acuerdo pero no del todo con que la ciencia aunque explica un fenómeno como el de la sobrevivencia de las mariposas monarca (equipo de la ruleta), no puede explicar los hechos que ocurren al azar, sólo 27% está totalmente de acuerdo con esta afirmación.

Equipo "Ruleta"

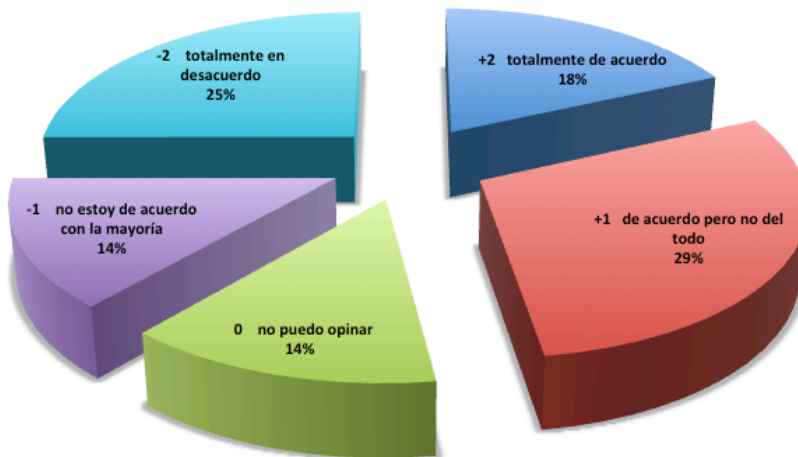
El ejemplo de las mariposas nos indica que la ciencia puede explicarnos un fenómeno como el de la sobrevivencia, pero no puede explicar los hechos que ocurren al azar.

Gráfica 12. Distribución de las respuestas para el equipo "Pantalla Digital". Como se observa, 42% de los estudiantes no está de acuerdo con la mayoría, 36% está de acuerdo pero no del todo y el 22% está totalmente en desacuerdo respecto a que el ejemplo de las polillas (*Biston betularia*) nos indica que "la ciencia puede explicarlo todo, nunca se equivoca y además la ciencia es neutral".



Equipo "Pantalla"

El ejemplo mostrado en la pantalla digital nos indica que la ciencia puede explicarlo todo, que los científicos nunca se equivocan y además la ciencia es neutral.



Equipo "Cartel"

La receta para la evolución nos indica que los científicos pueden hacer evolucionar a los seres vivos si tienen los ingredientes necesarios.

Gráfica 13. El resultado sobre la opinión de los estudiantes se distribuyó en todas las opciones de respuesta. Y con mayor porcentaje, 29% de los estudiantes está de acuerdo pero no del todo con que los científicos pueden hacer evolucionar a los seres vivos si tienen los ingredientes necesarios.

6. Discusión

Ahora se dará respuesta a cada una de las preguntas de investigación.

A) Las primeras cinco preguntas son de carácter metodológico, las otras cuatro hacen referencia a los resultados obtenidos del estudio de campo.

1. A través de la observación de fotografías de los equipos museográficos, ¿pueden los visitantes evocar diferentes tipos de recuerdos?

Para responder esta pregunta se puso a prueba lo que Ferguson (1998) propone como un instrumento o herramienta para estimular el recuerdo de los visitantes. En 1994 Barnard y Loomis encontraron que la información interpretativa o semántica adquirida en un ambiente de museo no podía ser recordada inmediatamente. De ahí que, Ferguson (1998) proponga que si se estimula o activa la memoria visual de los visitantes mostrando una foto sobre algo que con anterioridad han visto, estas imágenes serían reconocidas por los visitantes y en consecuencia traerían a la mente recuerdos semánticos asociados.

Por lo anterior, al mostrar a los estudiantes las fotografías de los equipos museísticos de la sala que visitaron en ambas fases (prueba piloto y el análisis de los tres equipos museográficos) estos pudieron recordar, describir y relacionar sus recuerdos de lo que vieron, hicieron, sintieron y aprendieron; además de asociar estos recuerdos de la visita con conocimientos previos. Por ejemplo, en el caso de estudiantes de 5to. semestre (prueba piloto) relacionaron sus recuerdos con algunos conceptos que aprendieron de sus clases de Biología II⁷³. Los estudiantes dieron significado a la experiencia que vivieron durante su visita a la sala

⁷³ Los estudiantes de la prueba piloto son de 5to. semestre, ellos ya cursaron la asignatura de Biología II durante su 4to. semestre, en esta asignatura se abordan contenidos tales como el concepto, las evidencias y las consecuencias de la evolución (PEA, 2003).

“Evolución, vida y tiempo”, la cual fue evidenciada en las descripciones que realizaron sobre el evento (respuestas escritas y comentadas).

La evaluación de los aprendizajes se puede poner de manifiesto de varias formas, una de ellas es a través de los tipos de aprendizajes registrados durante la entrevista (declarativos, procedimentales y actitudinales). Los comentarios de tipo oral y/o escrito que los estudiantes emitieron constituyen una prueba de aprendizaje declarativo, algunos autores también lo nombran "el saber qué" y se refiere "al conocimiento de datos, hechos, conceptos y principios". Este tipo de aprendizaje es un saber que se dice, que se declara o que se conforma por medio del lenguaje (Díaz y Hernández, 2010). Por lo anterior, los equipos museográficos que los estudiantes recordaron a través de la observación de fotografías, y de las cuales emitieron sus comentarios, permiten establecer que la memoria visual es un elemento muy importante en la estimulación del recuerdo semántico de los visitantes.

2. ¿La visita al museo propicia la adquisición y construcción de conocimiento?

Responder esta pregunta implicó utilizar instrumentos para evidenciar si los visitantes construyeron su propio aprendizaje después de la visita. Se ha propuesto⁷⁴ que al utilizar equipos museográficos los MC y CC muestran la aplicación de los conceptos de la ciencia, a través de innovaciones tecnológicas⁷⁵, motivan a los visitantes, además de que los hacen aprender y comprender la ciencia; por lo tanto, y como una consecuencia, se logran aprendizajes de forma activa en una visita que resulta agradable y divertida. Si lo que proponen estos autores es cierto, entonces la pregunta es: ¿cómo evidenciar si los visitantes construyeron su propio aprendizaje? Una forma es a través de la elaboración de

⁷⁴ Autores como Quin (1990), Rennie y McClafferty (1996), Rodríguez (2005), Santacana y Martín (2010).

⁷⁵ Se ha defendido también la noción de que la interactividad en los MC y CC reside precisamente en saber o descubrir el "cómo de las cosas" (Santacana y Martín, 2010).

mapas mentales, los cuales permiten observar el nivel en el que, quienes los elaboran, relacionan conceptos, así como la profundidad de los mismos. A través de la construcción de mapas mentales por los visitantes se puede evaluar la visión que tienen éstos de la totalidad de un determinado conocimiento o tópico científico. Esta técnica permite examinar la comprensión y la naturaleza de los errores de pensamiento de los visitantes.

Para el caso de esta investigación, el nivel de profundidad conceptual observado en los mapas mentales elaborados por los estudiantes es mínimo; éstos relacionaron el concepto de Evolución con todo lo que observaron en la sala, pero no se evidenció síntesis, organización y/o jerarquización conceptual en los mapas elaborados. Los resultados muestran que 12 de 14 estudiantes consideraron como concepto principal de la sala a la "Evolución"; de los otros dos estudiantes, uno tomó como concepto principal a "La vida" y el otro utilizó el título de la sala. Todos mostraron en sus mapas sus ideas, las cuales, en su mayoría, fueron producto de lo observado en la sala; así, interconectaron sus ideas con dibujos y en algunos casos con otros conceptos como: adaptación, selección natural, herencia, biodiversidad, especiación, ancestría/descendencia, mutación, tiempo geológico y clasificación de los seres vivos.

Desde mi experiencia como docente, y a partir de mi expectativa sobre la elaboración y la representación conceptual realizada por los estudiantes a través de los mapas mentales, ellos tendrían que haber mostrado una estructura que sintetizara los siguientes aspectos sobre la evolución, por ejemplo: 1) la evolución como un hecho, 2) las evidencias de la evolución, 3) los mecanismos por los cuales se lleva a cabo y, por último, 4) la historia de la evolución de los sistemas vivos. Considero que la estructura expositiva de la sala "Evolución, vida y tiempo", aunque de alguna manera deja entrever estos cuatro aspectos, no los define, sino que se encuentran entremezclados, por lo que los mapas mentales elaborados por los estudiantes, aunque de alguna manera plasman lo visto en la sala, no logran establecer esta síntesis conceptual que subyace en los contenidos de la sala.

3. ¿Cómo reconocer la interacción de los contextos físico personal y social en los estudiantes que visitaron la sala "Evolución, vida y tiempo"?

La recogida de datos incluyó también los comentarios vertidos por los estudiantes durante la entrevista abierta. De estos comentarios se pudo inferir la interacción entre los diferentes contextos, el personal (identidad), el físico (interacción con los equipos) y, sobre todo, el social. Ejemplo de ello fue asistir con sus compañeros de clase y comentar las anécdotas de la visita a la sala "Evolución vida y tiempo". Por ejemplo, dos estudiantes visitaron la mayoría de las salas del museo Universum además de la sala en cuestión; otros describieron que su visita la realizaron acompañados (con un amigo, con sus novios o con un familiar) o en solitario. Respecto al tiempo que utilizaron en la sala, en promedio mencionaron haber estado en ésta aproximadamente una hora o una hora y media. Se compararon con otros estudiantes de su misma edad, y la presencia de otros visitantes, en especial jóvenes de su misma edad, pero que provenían de escuelas particulares, les permitió reafirmar su identidad⁷⁶ como estudiantes del CCH Oriente.

Por otra parte, hicieron referencia a algunos equipos museográficos que llamaron su atención y sobre las acciones que llevaron a cabo con algunos de ellos; describieron lo que suponía demostraban los equipos en cuestión. También recordaron con gusto si aconteció algún evento en especial, por ejemplo, si su acompañante jugó o utilizó el equipo de diferente manera (equivocada) y si esto representó algo "gracioso". Lo anterior pone de manifiesto lo que Sheldon Annis

⁷⁶ "La formación de identidad en los estudiantes es un proceso que articula los significados de la vida juvenil y del estudio. Este proceso se realiza en un contexto instucional que resitúa y modifica estas actividades, dotándolas de rasgos propios; facilita su uso como recursos simbólicos de los que se apropian los estudiantes. El proyecto educativo del CCH, con su énfasis en la libertad y en el aprendizaje autónomo, genera un discurso entre los integrantes de esta comunidad y una apropiación del mismo por parte de los estudiantes" (Hernández, 2006).

(1984) propone cuando dice que el visitante es sin duda el actor principal, de ahí que la visita al museo constituye por lo general un acontecimiento placentero y socializado. Este mismo autor describe al espacio del museo como un "campo de complacencia narcisista", en donde las funciones sociales de unos u otros se ponen en evidencia a través de gestos y palabras; de esta manera, "los visitantes socialmente dispares recorren el espacio pragmático del museo desempeñando un rol social que les es propio, en una especie de juego escénico". Por lo tanto el espacio pragmático, tal como lo describe Sheldon Annis, es el campo de actividad donde la presencia física adquiere más significación que los objetos; es donde el visitante puede desdoblarse en "yo y el grupo", es decir, en un contexto personal y en uno grupal (contexto social) (Betancourt, 2007).

4. Los equipos museográficos más recordados serán aquéllos que invitan a la participación activa de los estudiantes, es decir, los clasificados como sistemas mecánico-gráfico e informático-táctiles (computadoras y multimedia).

Para Santacana y Martín (2010) existen tres procesos definidos con los que aprendemos y construimos nuestra visión del mundo, el primero se da a través de la percepción visual; el segundo por vía auditiva y permite lograr un aprendizaje efectivo; por último está el que representa mentalmente la información a través del sistema cenestésico, que permite que el individuo aprenda a través de los movimientos de su cuerpo (acción), es decir, a través de la relación entre las distintas partes del cuerpo en relación con su espacio y tiempo. Por lo tanto, los equipos museográficos de la sala "Evolución, vida y tiempo", que fueron recordados en mayor proporción, son efectivos porque estimulan algún tipo de aprendizaje (visual, auditivo o cognitivo).

Con la finalidad de conocer el tipo de visitante, en la siguiente tabla se muestran los equipos museográficos que fueron más recordados; y de acuerdo con la

descripción que emitieron los estudiantes de estos equipos, se realizó una **clasificación del tipo de visitante**⁷⁷, también se describen las características que permiten clasificar al visitante en: "visual", "auditivo" o "cognitivo" de acuerdo con la interacción que se lleva a cabo entre el visitante y el equipo museístico:

Equipo museográfico.	Tipo de visitante	Características del visitante (Santacana y Martín, 2010)
21. Molécula de ADN 22. Evolución de la ballena 39. Rostros 13. Gliptodonte 9. Megaterio	Visual	Son aquellos visitantes cuya manipulación de equipos museográficos se basa en su especial habilidad y aptitud para decodificar los mensajes escritos; para este tipo de público es fundamental todo lo que sea visual, es decir, especialmente todo lo relacionado con la escritura y la imagen.
43. Ballena	Auditivo	Son aquellos visitantes cuyas aptitudes se focalizan en sus capacidades auditivas. Prefieren todos los equipos museográficos que estimulen al oído, como los puntos sonoros, los audiovisuales..., o bien, simplemente que emitan un discurso a través de un mediador cultural (guía, monitor o similar).
42. Especiación peces 23. Clasificación felinos 27. Pantalla Digital 17. Mimetismo 5. Beagle	Cognitivo	Son aquellos cuyas habilidades cognitivas pasan por manipular, tocar, mover y en general actuar. Son especialmente activos, se ven atraídos por el tipo de museografía interactiva en la que principalmente se puede manipular (interactivos, pantallas táctiles, juegos interactivos...) En este grupo se puede incluir a la mayor parte del público infantil y juvenil.

Tabla 31. Clasificación y características del tipo de visitante de acuerdo al equipo museográfico

En función de los resultados anteriores, los equipos más recordados de toda la sala "Evolución, vida y tiempo" son, en su mayoría, aquellos que estratégicamente están dirigidos al tipo de visitante predominantemente visual y cognitivo, por ejemplo, la molécula del ADN, la evolución de la ballena, el tórax de la ballena, así como la cadera del megaterio y el caparazón del gliptodonte. Tales equipos promueven la interacción visual del visitante, en comparación con los siguientes cinco equipos: el timón del barco del Beagle, el de especiación de los peces, la clasificación de los felinos, la Pantalla Digital y por último el equipo sobre

⁷⁷ Santacana y Martín (2010) proponen tres tipos de visitantes: visuales, auditivos y cognitivos.

mimetismo, los cuales tienen la particularidad de que se pueden tocar (apretar botones, maniobrar, girar, mover, etc.) de ahí que propician la interacción manual con el visitante.

B) Las siguientes preguntas hacen referencia a los resultados obtenidos del estudio de campo:

5. ¿Qué efecto tiene cada uno de los equipos “Ruleta” (sistema físico-manual), “Pantalla Digital” (sistema informático-táctil) y “Cartel” (gráfico-gráfico) en la memoria semántica, las emociones y en las habilidades que presentan los estudiantes después de la visita?

Con la finalidad de evaluar el efecto de los equipos en discusión sobre la memoria semántica (conocimiento), fue necesario realizar una prueba en cada uno de los equipos analizados que permitiera obtener una calificación comparable. De los resultados obtenidos en este estudio, el promedio de las calificaciones sobre el conocimiento medido fue muy similar entre los equipos "Ruleta" y "Cartel"; sin embargo, estos dos equipos mostraron diferencias significativas en cuanto a la memoria semántica respecto a la "Pantalla Digital", es decir, se aprecia una ganancia de conocimiento con la "Ruleta " y el "Cartel".

En lo referente a las emociones, también fue necesario elaborar un instrumento que permitiera la comparación entre los resultados obtenidos de los diferentes equipos museográficos analizados. El instrumento utilizado permitió recabar las respuestas emitidas por los estudiantes para medir las emociones, mismas que señalaron que los estudiantes mostraron interés por la "Ruleta", curiosidad por la "Pantalla Digital" e indiferencia por el "Cartel", de acuerdo con la siguiente escala:

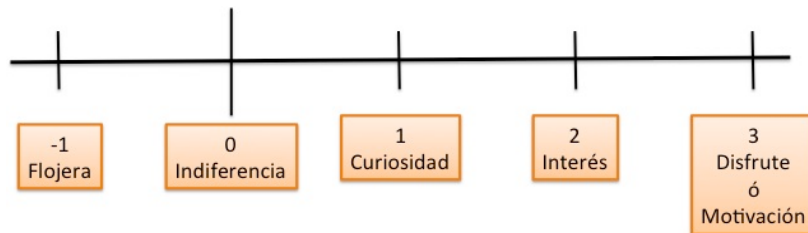


Figura 11. Escala progresiva de respuestas sobre emociones.

Asimismo, los aspectos afectivos se vieron favorecidos por la interacción de los estudiantes con los equipos “Ruleta” y “Pantalla Digital”; como se recordará, estos equipos son de naturaleza mecánica-gráfica (Ruleta) e informática-táctil (Pantalla Digital), el tipo de interactividad que propician es físico-manual y sensitivo respectivamente. El tipo de emociones que se propiciaron en los estudiantes respecto a estos dos equipos museográficos se encuentran entre la curiosidad y el interés. Estos resultados concuerdan con Guisasola y Morentín (2007), quienes concluyen que la mayoría de las investigaciones sobre el aprendizaje en los museos de ciencias indican que los aspectos más beneficiados del aprendizaje son los afectivos.

En cuanto a las habilidades de aplicación de conocimiento y de pensamiento crítico/científico, las cuales fueron medidas después de siete meses de efectuada la visita, es posible señalar que tuvieron como propósito, por un lado, que los estudiantes explicaran un fenómeno con base en los conocimientos aprendidos en la sala "Evolución, vida y tiempo", y por otro, que reflexionaran sobre la naturaleza de la ciencia. Se observó que en las preguntas que corresponden a la aplicación del conocimiento, los estudiantes respondieron mejor en el equipo "Cartel", mientras que el equipo menos favorecido fue la "Ruleta". En lo que respecta a la promoción del pensamiento crítico/científico, se observó que las respuestas de los estudiantes son muy diversas, es decir, no existe una postura respecto a la naturaleza de la ciencia después de la experiencia.

Cabe señalar que la temática abordada por la sala "Evolución, vida y tiempo" representa por su contenido cierta dificultad para que los visitantes se apropien de los aprendizajes propuestos por los equipos museográficos puestos a prueba.

Estos resultados concuerdan con los de MacFadden, *et al.* (2007), quienes en un estudio realizado en seis museos de historia natural⁷⁸ y con personas por arriba de los 15 años de edad, muestran que 95% de los sujetos entrevistados (de un total de 380) comprenden la progresión y superposición (antiguo y más reciente) del tiempo geológico, pero sólo 30% se explica el cambio biológico en términos de selección natural, además, 11% de los entrevistados rechaza el proceso evolutivo como un hecho. Estos autores concluyen que, en general, los visitantes del museo no comprenden del todo los conceptos evolutivos, saben que los fósiles son una evidencia de la evolución, pero no comprenden sus mecanismos.

6. ¿Existe diferencia entre la participación individual y en equipo de los visitantes sobre la memoria semántica, las emociones y las habilidades producto de la interacción con los diferentes equipos museográficos?

Por los resultados de las interacciones entre las variables "conocimiento", "emociones", tipo de visita, "individual" o en "equipo"; en función del tipo de equipo museográfico analizado, se observó que visitar el museo en equipo, es decir, acompañados, favorece la apropiación del conocimiento, así como la evocación de emociones. En palabras de Betancourt (2007), el "yo y el grupo" dinamizan tanto el plano onírico⁷⁹, así como el pragmático, lo que es evidente en los comentarios y en las respuestas por escrito de los estudiantes entrevistados en este estudio. La interacción entre los estudiantes que visitaron en grupo la sala permitió lograr una atmósfera socialmente agradable.

⁷⁸ Denver Museum of Nature and Science, Florida Museum of Natural History, Natural History Museum of Los Angeles County, Smithsonian National Museum of Natural History, Page Museum at the LaBrea Tar Pits, University of Kansas Natural History Museum and Biodiversity Research Center.

⁷⁹ El plano onírico "es un campo no racional de formación de imágenes. Es el campo de interacción entre los objetos sugerentes y la conciencia no racional del espectador. En el espacio onírico del museo fluye un río de imágenes y significados sumamente personales más o menos conscientes, a veces tranquilizantes, otras sorprendentes: me gusta, no me gusta, no me interesa, ya lo conozco..." (Betancourt, 2007).

En cuanto a las habilidades de aplicación del conocimiento, el equipo museográfico “Cartel”, al parecer favorece al contexto personal y cognitivo. Es posible decir que este equipo, por sus características físicas y por presentar sólo información textual a los estudiantes (familiarizados con este tipo de presentación de la información) se les facilita memorizar la información contenida, mismo que se ve reflejado en sus respuestas.

Respecto al equipo “Ruleta”, éste favorece el contexto social, ya que además de propiciar la acción con el equipo (girarlo y observar el resultado) permite que los estudiantes interactúen en compañía de otros semejantes a ellos.

7. ¿El diseño del equipo propicia en mayor o menor proporción un tipo de contexto (personal, físico y social)?

Por los resultados obtenidos se observa que la interacción individual del estudiante con el equipo museográfico no favorece en gran medida los aspectos afectivos y cognitivos, sino que la interacción entre estudiantes y con el equipo museográfico sí lo favorece, esto es, el contexto social en el que se realiza la interacción propicia que se generen emociones, acompañadas de la apropiación de conocimiento. Los resultados muestran que tanto los aspectos afectivos como los cognitivos se vieron favorecidos en el equipo “Ruleta”, el cual propicia interactividad físico-manual, por su funcionalidad puede ser clasificado como de “interrogación”⁸⁰ y además favorece el contexto social; en tanto que el equipo “Pantalla Digital” propicia la interactividad sensitiva y por su funcionalidad es un equipo que lleva al usuario a una secuencia de causas-efectos-consecuencias. La “Pantalla Digital” promueve la interacción individual y favorece el contexto personal.

⁸⁰ Siguiendo la clasificación propuesta por Santacana y Martín (2010).

8. ¿Existe diferencia entre los recuerdos generados por los tres equipos entre las poblaciones que no han recibido ningún curso de biología respecto a los que ya están cursando la asignatura?

Podría pensarse que tener conocimientos previos sobre el tema que aborda la sala "Evolución, vida y tiempo" facilita la apropiación de aprendizajes en los visitantes, pero los resultados de las interacciones estadísticas de esta investigación no muestran diferencias significativas entre el tipo de equipo museográfico y los conocimientos previos de los estudiantes. Esto se evidenció porque los estudiantes que asistieron a la sala del Museo Universum formaron dos grupos diferentes, aquéllos que estaban por terminar el 2do. semestre del bachillerato y que sólo tenían conocimientos de nivel secundaria sobre el tema de "Evolución", y los que estaban terminando el 4to. Semestre, en el cual se abordan los principios, evidencias y la evolución como un hecho. Los dos grupos formados no mostraron diferencias significativas en cuanto a la valoración de la memoria semántica en cada uno de los equipos museográficos analizados. Por lo anterior, no se pudo evidenciar el efecto del conocimiento previo en los estudiantes que visitaron la sala "Evolución, vida y tiempo".

Cabe señalar que debido a las características que los museos comparten con la educación informal, tal como lo propone Camacho (2007), no se requiere poseer conocimientos previos para aprender en un museo, ya que el museo de ciencias (espacio educativo) está abierto a todo el público, entonces, los visitantes, de acuerdo con sus intereses personales, individualizan la información a su ritmo y no de forma estandarizada como sucede en una clase. Pero desde el punto de vista docente es de esperar que el museo de ciencias sea utilizado como una herramienta en la apropiación de conocimiento y ¿por qué no?, un apoyo teórico-metodológico que sea parte de una estrategia didáctica en el logro de aprendizajes.

7. Conclusiones

El propósito de esta tesis en un primer momento fue describir y contextualizar los significados y usos de los términos "interacción", "interactivo" e "interactividad", desde diferentes áreas del conocimiento a partir de su aparición en el área de las ciencias de la computación, hasta su traslado al campo de la museología. Cada vez más el uso de las tecnologías digitales en el ámbito cotidiano exige pensar en la "interactividad" como un adjetivo para caracterizar a "algo" de actual e innovador, y al ser utilizado con gran frecuencia, presenta una gran elasticidad semántica; entonces se convierte en una etiqueta intercambiable entre diferentes ámbitos, desde lo computacional y tecnológico hasta el arte o el cine. Y trasladado al ámbito museístico, la "interactividad" supone mirar al museo desde la perspectiva de los usuarios a quienes les gusta participar con los objetos y aprender de éstos. Este término, "interactividad", utilizado con gran frecuencia como un concepto global, casi como una actitud, ha propiciado una nueva caracterización de los museos de ciencias. Pero la "interactividad" por si misma no describe el fenómeno que se propicia entre los usuarios y las exposiciones.

Después de establecer los significados y usos de estos términos desde la filosofía de la ciencia, las ciencias de la computación (IHC) y la museografía, en un segundo momento de este trabajo, se llevó a cabo una investigación de campo con la finalidad de poner en práctica (a través de un enfoque más amplio e integral de aprendizaje informal de la ciencia) y desde la perspectiva del Modelo de la Experiencia Interactiva⁸¹, los elementos que intentan describir la interacción e influencia del contexto en el aprendizaje de los estudiantes de nivel bachillerato que visitaron la sala "Evolución, vida y tiempo" del Museo de Ciencias Universum durante el periodo semestral 2012-1 y 2012-2.

Es así que la estructura de esta tesis se dividió en dos partes, la primera que corresponde a la revisión teórica de los conceptos "interacción", "interactivo" e

⁸¹ La experiencia interactiva se propicia en el museo y permite que el visitante perciba el mundo a través de su contexto físico, personal y social.

"interactividad" y a la exposición de los argumentos teórico/prácticos en los que se basa la experiencia interactiva, vista particularmente desde la museografía. De esta primera parte se rescatan los siguientes puntos:

- Las acciones que se llevan a cabo por los visitantes de un museo de ciencia que constituyen un esfuerzo para lograr un fin determinado pueden ser comprendidas dentro del marco de referencia de la Teoría de la Acción. Dichas acciones se describen a través del término "interacción", que se entiende, de acuerdo con Pérez-Ransanz (2008), como la relación existente entre las acciones humanas y el medio donde se producen. Por ser el Museo de Ciencias actualmente un medio prioritariamente tecnológico, es a la vez producto de las intenciones con las que se construye, es decir, el museo favorecerá ciertas acciones. De acuerdo con Echeverría (1997), un medio tecnológico, como lo es el Museo de Ciencias, nunca es neutro respecto a las acciones posibles ni tampoco respecto a las plausibles.
- La "interacción" que se produce entre el visitante y el museo de ciencia (desde la filosofía de John Dewey) se puede describir como una "experiencia que abarca todo hacer y todo sentir", que además se propicia a través de la interacción con otros actores (visitantes, guías, mediadores, entre otros), de tal manera que al vivir la experiencia museística los visitantes reestructuran sus experiencias previas, lo que les lleva a modificar constantemente el contenido cognitivo que condiciona su forma de ver el mundo, es decir, los visitantes reestructuran su campo de percepción y la construcción de sus representaciones. Realmente lo que está implícito en esta reestructuración es la información (funcional, transitiva, pragmática) que fluye en una interacción (relación trídica) entre el mensaje, el visitante y el Museo de Ciencia.
- El término "interactividad" es un término multidiscursivo que se utiliza indiscriminada e irreflexivamente y que además ha sido trasladado a otros ámbitos, más allá de las tecnologías de la información, donde además tiene un significado preciso.⁸² "la relación que se establece entre la persona y el entorno digital definido por el hardware". En cambio desde la perspectiva museográfica este término ha sido una novedad, un término emergente, que no tiene una definición clara, y ha sido descrito como parte de un proceso de comunicación que se establece entre los visitantes y los equipos museográficos. Por tanto, este término por sí solo y aplicado a museos de ciencias no describe el fenómeno que se propicia entre los usuarios y las exposiciones. No debe entenderse sólo como algo que tiene la función de propiciar y facilitar el aprendizaje

⁸² Desde el contexto de la interacción humano-computadora, la relación que se establece entre la persona y el entorno digital definido por el hardware (computadora) es una relación de tacto. La dimensión táctil de esta relación se observa a través de una correcta comunicación, en la cual se requiere retroacción para confirmar que el mensaje ha sido recibido, y para este campo esto es la interactividad (Herckhove, 1999).

informal de la ciencia, de aquí que es más apropiado utilizar el término "experiencia interactiva" para describir la vivencia que tiene el visitante cuando actúa con los equipos museográficos en un ambiente informal de aprendizaje.

- Una forma de analizar la "experiencia interactiva" entre los visitantes y los equipos museográficos es a través del empleo del llamado Modelo de la Experiencia Interactiva planteado por Falk y Dierking en 1992. Este modelo propone que el visitante percibe el mundo (contexto físico) desde su contexto personal (conocimiento previo, emociones, edad, sexo, entre otras) y potencialmente comparte esa experiencia con otras personas que asisten junto con él al museo, de manera que, juntos, el visitante y los "otros", crean un contexto social del que puede surgir el aprendizaje informal.
- En la literatura analizada se encontró un consenso sobre el resultado de la experiencia vivida en el Museo de Ciencias, que consiste en que la suma de las acciones experimentadas por los visitantes con los equipos interactivos se traduce en aprendizaje informal. Esto constituye una experiencia interactiva, la cual puede ser intensa, cuando es facilitada por la aprehensión inmediata de la idea exhibida por el dispositivo, siempre y cuando éste posea las características idóneas para lograrlo. De tal forma que, los museos de ciencias son concebidos como ambientes propicios para el aprendizaje significativo, porque ofrecen experiencias multisensoriales y generan recuerdos durante un proceso activo, en el que las experiencias pasadas son conectadas a experiencias recientes a través de los contextos personal, físico y social. Este proceso permite que la experiencia forme parte, permanezca almacenada y/o pueda ser usada como conocimiento disponible después de la visita al museo.

La segunda parte de esta tesis surge del planteamiento de que la riqueza de experiencias que ocurren dentro de los museos de ciencias puede ser analizada a través del modelo de la experiencia interactiva. Por lo anterior se llevó a cabo un estudio empírico con el propósito de evidenciar la interacción de los contextos personal y social (tipo de visita solitario o acompañado) determinada en este caso, por el contexto físico (equipos museográficos llamados interactivos) y su efecto sobre las variables: conocimiento, pensamiento científico y emociones. Se observó en qué medida se favoreció la apropiación de conocimiento, las emociones propiciadas y el pensamiento científico generado en una población de estudiantes de nivel bachillerato (CCH Oriente). Después de la visita a una sala del Museo de Ciencias Universum ("Evolución, vida y tiempo), en donde los estudiantes interactuaron con tres diferentes tipos de equipos museográficos, que propician en

mayor o menor proporción alguno de los contextos del modelo de la experiencia interactiva (personal, físico y social). Fue posible evidenciar el producto de la intersección de los tres contextos (físico, personal y social) a través de la memoria (episódica, semántica y visual) de las emociones propiciadas por la visita, así como de la adquisición de habilidades (aplicación del conocimiento y científicas).

El estudio se llevó a cabo en dos fases, la primera consistió de un estudio piloto con 14 estudiantes que visitaron la sala antes mencionada. El propósito de esta prueba piloto fue recopilar datos sobre los equipos museográficos que más impactaron a los estudiantes en cuanto al tipo y diseño del equipo, y si éstos propiciaban emociones y conocimiento. También se buscó seleccionar al mejor instrumento y determinar las variables a estudiar de la siguiente fase que consistió en un análisis puntual de tres equipos museográficos de la misma sala, que permitieron recoger datos acerca de la memoria, emociones y habilidades que pudieran evidenciar “la experiencia interactiva”.

De la segunda parte de esta tesis se desprenden los siguientes puntos:

- Dentro de la metodología de seguimiento empleada en el estudio piloto se observó que mostrar imágenes de los equipos museográficos de la sala "Evolución, vida y tiempo" permitió la evocación de la experiencia vivida por parte de los estudiantes de bachillerato. Ésta se registró en forma de sucesos o eventos (información mental almacenada) narrados por ellos mismos, los cuales emergen a través de la entrevista como información cognitiva, afectiva y psicomotora, lo que evidenció que la memoria y el aprendizaje están estrechamente relacionados. El aprendizaje observado en los estudiantes se manifestó como el reforzamiento, consolidación y reafirmación del conocimiento previo. Además fue posible identificar las relaciones entre los tres contextos museográficos (personal, físico y social) en donde los recuerdos de la visita sirven de base para que el aprendizaje ocurra.
- A partir de los equipos museográficos más recordados se observó que los estudiantes son visitantes del tipo visual y auditivo, y en consecuencia los equipos que gustaron más fueron aquellos que propician el tipo de interactividad físico-manual, visual y auditiva, y que por su clasificación funcional, de acuerdo con Sanatcana y Martín (2010), son en su mayoría de observación y de acción.

- A través de la entrevista y las respuestas de los cuestionarios que contestaron los estudiantes y de los mapas mentales elaborados, se evidenció el aprendizaje de tipo declarativo. Se pudo observar cómo los estudiantes establecen relaciones y formas de organizar la información asociada con el tema de la sala que visitaron (evolución), pero que finalmente no logran organizar y sintetizar los principales conceptos subyacentes de la exposición en su conjunto.
- Los contextos social, personal y físico, este último representado por el museo y sus contenidos, propiciaron la interacción entre los estudiantes y los equipos museográficos, donde ésta se encuentra definida, como dice Falk y Dierking (1992), por la intersección de los tres contextos y que, en un momento dado, cualquiera de estos puede tomar mayor importancia o ser de mayor influencia en el visitante y producir una interacción continua y cambiante entre los mismos.
- Otro resultado del estudio piloto es que permitió tomar las siguientes decisiones para la segunda fase de este estudio: 1) estimular la memoria visual a través de fotografías de los equipos museográficos a analizar con objeto de que los estudiantes evocaran sus recuerdos semánticos y emociones, 2) construir un cuestionario para recoger datos cognitivos, emocionales y de habilidades, así como 3) seleccionar tres equipos museográficos que logran impactar en mayor proporción uno de los tres contextos de la experiencia interactiva. Lo anterior con la finalidad de poder comparar los resultados entre estos tres equipos.
- En la segunda fase del estudio se observó que la estimulación de la memoria visual a través de la observación de las fotografías de los equipos en cuestión permitió que los estudiantes relacionaran sus recuerdos con otros recuerdos semánticos, lo anterior permitió la recogida de datos (cognitivos, emocionales y habilidades) durante la entrevista y a través de los cuestionarios, en el momento en el que se mostraron fotos de los equipos en cuestión.
- Los tres equipos museográficos analizados intensifican en lo particular uno de los tres contextos propuestos en el modelo de la experiencia interactiva (Falk y Dierking, 1992). El equipo "Ruleta" favorece el contexto social, mientras que el de "Pantalla Digital" y "Cartel" favorecen el contexto personal, pero el de "Pantalla Digital" además propicia el contexto físico.
- La memoria semántica, las emociones y las habilidades medidas presentaron diferencias significativas en cuanto al tipo de visita realizada (individual o en equipo) y en función del tipo de equipo museográfico. Se observó una ganancia de conocimiento con la "Ruleta" y

el "Cartel". Respecto a las emociones, existe interés por la "Ruleta", curiosidad por la "Pantalla Digital" e indiferencia por el "Cartel", que respectivamente son equipos que propician la interactividad físico-manual (Ruleta), sensitiva (Pantalla Digital) y visual (Cartel) de acuerdo con la clasificación de Santacana y Martín (2010).

- También existe diferencia significativa en la apropiación de conocimiento, debida al tipo de visita que se lleva a cabo en el museo, dependiendo de si ésta es en solitario o acompañado. De tal forma que visitar el museo acompañado (contexto social) favorece la apropiación del conocimiento, así como la evocación de emociones.

Es importante mencionar que los resultados de esta tesis tienen que ser puestos a prueba con la finalidad de profundizar y constatar si efectivamente los equipos "interactivos" propician y potencian este tipo de experiencias con otros equipos y en otras salas. Desde mi particular punto de vista, es necesario replantear el uso de la palabra "interactividad" en la museología, y comprender mejor la experiencia que viven los usuarios de un museo desde un punto de vista integral, es decir no darle todo el peso y la responsabilidad a los equipos "interactivos". El museo de ciencias es un "todo" y como tal debe ser analizado, y los usuarios también conforman otro universo de posibilidades, las cuales están delimitadas por estos llamados contextos el personal, el social y el físico.

Por último, quiero destacar que es pertinente y necesario continuar realizando investigación en museos y centros de ciencia en México, pues es más que evidente que se trata de instrumentos y a la vez de ambientes informales de aprendizaje que, como se ha visto, tienen el propósito de estimular la curiosidad e interés por la ciencia, a través de propiciar experiencias sociales y afectivas.

Vale la pena generar un cultura de la evaluación de los dispositivos o equipos museográficos antes, durante y después para determinar el impacto de la conformación de un exposición con el propósito de ajustar y adecuar estos equipos y así obtener el logro de los objetivos (cognitivos, afectivos, actitudinales y procedimentales) propuestos por estas instituciones.

Cabe el convencimiento de que los museos son un excelente apoyo al aprendizaje formal, ya que las actividades que se propician a partir de la interacción con los

equipos museográficos con los diferentes tipos de visitantes permite impactar y sorprender, desarrollar las emociones y por este camino (no el único) llegar a un aprendizaje significativo, de ahí que a través de estrategias de aprendizaje elaboradas y bien dirigidas por los profesores se puede obtener aún más provecho de esta forma de aprehensión de conocimientos, actitudes y valores.

Para las instituciones museísticas es fundamental contar con profesionales expertos en comunicación de la ciencia para el desarrollo, diseño y construcción de equipos museográficos que propicien experiencias de todo tipo, como se pudo observar en los resultados de este trabajo, la experiencia vivida en la visita a un museo de ciencias no depende sólo de los equipos de tipo interactivo (manuales e informáticos), sino de factores afectivos y sociales que se propician por la exposición en su conjunto.

También cabe señalar que es necesario investigar desde otras miradas, utilizar modelos que expliquen el fenómeno de la visita a un museo de ciencia, ya sea desde el modelo propuesto por Falk y Dierking (1992) (como se hizo en este trabajo de investigación), el modelo de Sheldon Annis "El museo como espacio de la acción simbólica" (1984) o desde la experiencia entendida como un todo (propuesta por John Dewey). También será necesario construir instrumentos que permitan bajo estas diferentes perspectivas, generar distintas variables intervinientes a medir, que permitan poner de manifiesto elementos de este proceso, que por alguna razón no habían sido consideradas y que por lo mismo, apenas empezamos a dar cuenta de ellas.

Literatura citada

- Abell S. K., y Lederman N. G., 2007, *Handbook of research on science education*, Lawrence Erlbaum Associates Inc. Editores, E.U., pp. 1333.
- Adam, S., 2004, *Using learning outcomes. A consideration of the nature, role, application and implications for European education of employing learning outcomes at the local, national and international levels*, Reporte from UK Bologna seminar which took place at Heriot Watt University on 1-2 July, University of Westminster UK, PDF disponible en línea: <http://www.scotland.gov.uk/Resource/Doc/25725/0028779.pdf>.
- Adams, M., Luke J. y Moussouri T., 2004, *Interactivity: Moving beyond terminology*, Curator: The Museum Journal, Vol. 74 (2) 155:170.
- Aguado A. L., 2001, *Aprendizaje y memoria*, Revista de Neurología, 32 (4). 373-381.
- Allen, S., 2004, *Designs for learning: studying science museum exhibits that do more than entertain*, Science education, Vol. 88 supplement, pp. S16-S33.
- Allen, S. y Gutwill J., 2004, *Designing science museum exhibits with multiple interactive features: five common pitfalls*, Curator 47 (2), pp. 199-212.
- Allen, S., 2008, *Evaluating exhibitions*, En Friedman, A. (Ed.), Framework for Evaluating Impacts of informal Science Education Projects, pp. 19-29, disponible en línea: http://informalscience.org/evaluations/eval_framework.pdf.
- Anderson, D. Lucas K. B y Ginns I. S., 2003, *Theoretical perspectives on learning in informal settings*, Journal of Research in Science Teaching, Vol. 40 Núm. 2, pp. 177-199.
- Ansbacher, T., 1998, *John Dewey's experience and education: lessons for museums*, Curator 41/1, pp. 39-49.
- Arbonies A. y Calzada I., 2004, *El poder del conocimiento tácito: por encima del aprendizaje organizacional*, Scientific Journal Intangible, Capital Núm. 6, Vol. 0, pp. 296-312.

- Ares F., 2002, *Función de los museos de ciencias en nuestra sociedad*, Rev. Int. Estud. Vascos, 47(2), pp. 497-508, disponible en: <http://www.euskomedia.org/PDFAnlt/riev/47497508.pdf>.
- Ariel P., 2005, *Nueva Museología, hacia un nuevo paradigma*, Revista digital Nueva Museología, Argentina, disponible en: http://www.nuevamuseologia.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=394:nuevamuseologiahaciaunnuevoparadigma&catid=81:museologia&Itemid=458.
- Asensio M. y Pol E., 1998, *La comprensión de los contenidos del museo*, Revista IBER. Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia, No. 15, pp. 15-30.
- Avila, P. y Bosco M., 2001, *Ambientes virtuales de aprendizaje, Una nueva experiencia*, 20th. International Council for Open and Distance Education. Düsseldorf, Alemania, 1-5 Abril 2001. Disponible en línea en http://investigacion.ilce.edu.mx/panel_control/doc/c37ambientes.pdf
- Avison D., 1997, *The search for "discipline" of information systems*, En Understanding Social Research: Perspectives on Methodology and Practice, Editores G. McKenzie, J. Powell y R. Usher, London: Falmer Press, pp. 87-100.
- Barnard, W. y Loomis, R., 1994, *The museum exhibit as a visual learning médium*, Visitor Behaviour, Vol. IX, 2, pp.14-17.
- Bedoya A. G., 1997, *¿Qué es la interactividad?*, usuario, Revista Electrónica, disponible en línea: <http://eisc.univalle.edu.co/materias/multimedia/material.htm>.
- Beetlestone, John G., Colin H. Johnson, Melanie Quin & Harry White, 1998, *The Science Center Movement: Contexts, Practice, Next Challenges*, Public Understanding of Science 7, pp. 5-26.
- Belaën, F., 2003, *L'immersion au service des musées de sciences*, conferencia impartida en International Cultural Heritage Informatics Meeting: Proceedings from ichim03, disponible en: <http://www.archimuse.com/publishing/ichim03/030C.pdf>.

- Bell P., B. Lewenstein, A. Shouse y M. Feder (editors), 2009, *Learning science in informal environments. Peoples, places and pursuits*, National Academies Press, pp. 336, PDF disponible en línea: <http://www.nap.edu/catalog/12190.html>.
- Beyer R. M., 2003, *Razones y significados del museo de ciencias*, Revista Elementos, No. 52, 37-41
- Betancourt J., 2007, *El modelo de Sheldon Annis*, Revista Museológica No.18-19, 168:171.
- Bitgood, S. y Cleghorn, A., 1994, *Memory of objects, labels, and other sensory impressions from a museum visit*, Visitor Behaviour, Vol. IX, 2, pp.11-12.
- Bitgood, S., 1994, *Knowledge gain, memory and evaluation: are we using appropriate measures?*, Visitor Behaviour, Vol. IX, 2, 10.
- Blud L. M., 1990, *Social interaction and learning among family groups visiting museum*, Museum Management Curatorship, 9, pp. 43-51.
- Briseño-Garzón A., More than science: family learning in a Mexican science museum. Cult. Stud. of Sci. Educ. 8:307–327
- Bucy, E. P., 2004, *Interactivity in Society: Towards a Theory of an Elusive Concept*, Paper presented at the annual meeting of the International Communication Association, New Orleans Sheraton, New Orleans, disponible en línea: http://www.allacademic.com/meta/p113438_index.html.
- Bustamante H. P. A., 2009, *La interactividad como herramienta potencializadora de los museos. Caso: Museo Argentino de Ciencias Naturales*, Tesis para obtener el título en Maestría en Diseño de la Universidad de Palermo, Buenos Aires, Argentina.
- Camacho R. F., 2007. *Aprender en el museo: Los programas educativos de los Museos del Banco Central*, IX Congreso Nacional de Ciencias Exploraciones fuera y dentro del aula 24 y 25 de agosto, 2007, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica, disponible en línea en: <http://www.cientec.or.cr/exploraciones/ponencias2007/FeliciaCamacho.pdf>
- Carroll, J. ed., 2003, *HCI Models, Theories, and frameworks: Toward a Multidisciplinary Science*, San Francisco: Morgan Kauffman, disponible en:

<http://www.google.com.mx/books?id=gR3lmgvr5dYC&printsec=frontcover&dq=HCI,+Models+Theories,+and+frameworks&ei=blffSfyllA5DakASe-YH4Dg>.

- Cassany, D.; López C.; Martí J., 2000, *Divulgación del discurso científico: la transformación de redes conceptuales. Hipótesis, modelo y estrategias*, Discurso y sociedad, 2/2, pp. 73-103.
- Castro, R. M. E., 2005, *Os museus e centros Museus e centros de ciência como ambientes aprendizaje*, Dissertação de mestrado em educação, Instituto de Educação e Psicologia, Universidad do Minho, pp. 241, disponible en línea: <http://bath.eprints.org/2619/1/TESE-F~1.PDF>.
- CCH, 2003, *Programas de Estudio para las Asignaturas (PEA) de Biología I y II*, Comisión de Revisión y Ajuste de los programas de Biología I y II, UNAM, Colegio de Ciencias y Humanidades, pp. 19.
- Cerejido M., 2002, *El vulgo para el que se divulga*, en Tonda, J., et al (coords.), *Antología de la divulgación de la ciencia en México*; Colección Divulgación para Divulgadores DGDC-UNAM, México, 2002.
- Chabay, I., 1989, *Big exhibitions from small toys grow (and vice versa)*, In M. Quin (ed), *Sharing science: Issues in the development of interactive science and technology centres*, London: Nuffield Foundation's Interactive Science and Technology Project on behalf of COPUS (Committee of the public Understanding of Science), pp. 39-41.
- Concari S. B., 2002, *El enfoque interpretativo en la investigación en educación en ciencias*, Ensaio: aval. pol. públ. educ. Vol. 10, 36, pp. 315-330, disponible en línea en http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0104-40362002000300004&lng=es&nrm=iso.
- Coombs y Ahmed, 1975, *La lucha contra la pobreza rural. El aporte de la educación no formal*, Tecnos, Madrid España. En Sarramona J., Vazquez G., Colom A., 1998, *Educacion no formal*, Ariel, Barcelona España pp. 273.
- Costa y Boda, M., 2002, *La museografía interactiva*, Mundo científico, Vol. 240, pp. 48-53.
- Cuesta M., Díaz M. P., Echevarría I., Morentin M., Pérez C., 2000. *Los museos y centros de ciencia como ambientes de aprendizaje*, Revista Alambique.

- Didáctica de las Ciencias Experimentales, No. 26, versión electrónica. Disponible en línea <http://alambique.grao.com/revistas/alambique/026-museos-de-ciencia/los-museos-y-centros-de-ciencia-como-ambientes-de-aprendizaje>
- Del Carmen, L. (coord.), 1997, *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la naturaleza en la Educación Secundaria*, Barcelona, I.C.E. Universitat Barcelona & Ed. Horsori, Barcelona, pp. 222.
- Desvallées A. y Mairesse F., 2010, *Conceptos claves de museología*, ICOFOM, Editorial Armand Colin, París Francia, pp. 87.
- Díaz Barriga A. F., 2006, *Enseñanza Situada. Vínculo entre la escuela y la vida*, México, McGraw Hill, pp. 171.
- Díaz Barriga A. F. y Hernández R. G., 2010, *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista*, 3a ed., McGraw Hill, México, D.F., pp. 405.
- Dierking L., 2008, *Evidence and categories of ISE impacts*, En Framework for evaluating impacts of informal science education projects, Report a National Science Foundation Workshop, pp. 19-29, disponible en línea: http://informalscience.org/evaluations/eval_framework.pdf.
- Duensing S., 2005, *Museo de ciencias y contextos culturales*, Revista Sintética No. 26, 22:37. Disponible en línea http://www.sinectica.iteso.mx/assets/files/articulos/26_museo_de_ciencia_y_contextos_culturales.pdf
- Duschl R., H. Schweingruber, y A. Shouse, editors, 2007, *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*, National Academy of Sciences, pp. 387, PDF disponible en línea: <http://www.nap.edu/catalog/11625.html>.
- Echeverría, J., 1997, *Tecnociencia e interacciones a distancia*, En Acción Humana, 1ª ed. Editorial Ariel, Barcelona, España, pp. 348.
- Estrada, M. L., 1987, *La comunicación de la ciencia*, OMNIA La investigación, Revista de la Coordinación General de Estudios de Posgrado, Año 3, Número 9, diciembre.

- Estrada, M. L., 2002, *La divulgación de la ciencia*, En Tonda, J., et al (coords.), Antología de la divulgación de la ciencia en México, Colección Divulgación para Divulgadores DGDC-UNAM, México, pp. 138-151.
- Falk, J. y Dierking, L., 1992a, *Redefining the Museum Experience: The interactive Experience Model*, Visitor Studies, Vol. 4 (1), pp. 173-176.
- Falk, J y Dierking, L., 1992b, *The museum experience*, Washington DC, Whalesback Books, pp. 205.
- Falk, J. H. y Dierking L. D., 2000, *Learning from museums. Visitor experiences and the making of meaning*, Altamira Press, U.S. A., pp. 272.
- Falk, J. H. y Dierking L. D., 2001, *Free-choice science education. How we learn science outside of school*, Ed. Teachers College Press, Columbia University U.S.A., pp. 216.
- Fenichel M y Schweinbruber H. A., 2009, *Assessing Learning Outcomes*, En Surrounded by science: Learning science in informal environments. National Research Council, pp. 6.1-6.7, disponible en línea: <http://www.nap.edu/catalog/12614.html>.
- Ferguson L., 1998, *Evaluating learning*, Conference Evaluation and Visitor Research Special Interest Group Old Parliament House, Canberra Australia, pp. 3-5, August, disponible en línea: <http://archive.amol.org.au/evrsig/pdf/ferguson96.pdf>.
- García, F. V., 2002, *Las ciencias sociales en la divulgación*, Colección Divulgación para Divulgadores, UNAM, 2002, pp. 114.
- Gasc, C., 2008, *Que cache l'univers interactif des expositions pour le jeune public?*, La lettre de l'ocim, No. 118, juillet-août, pp. 13-21.
- Gibson, J. J., 1979, *The ecological approach to visual perception*, LEA editores, Hillsdale, new jersey, E. U. A., pp. 332, disponible en: <http://www.google.com.mx/books?id=BJGcuje64FcC&pg=PP1&dq=The+Ecologica+Approach+to+Visual+Perception#PPP1,M1>.
- Giner, S., 1997, *Intenciones humanas, estructuras sociales para una lógica situacional*, en Acción Humana, 1ª ed., Editorial Ariel, Barcelona, España, pp. 348.

- Griggs, S. A., 1991, *Learning styles counseling*, ERIC Clearinghouse on Counseling and Personnel, Ann Arbor, The University of Michigan, pp. 162.
- Gómez, R. A., 1992, *Sobre actores y tramoyas. La explicación situacional de la acción individual*, Edit. Arthropos, Barcelona, España, pp. 172.
- Guisasola, J. y Morentin M., 2007, *¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones*, Enseñanza de las ciencias, 25(3), pp. 401-414.
- Halliday-Wynes, S. y F. Beddie, 2003, *Informal Learning. At a glance*, National Center for Vocational Education Research NCVE, disponible en: <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED507131.pdf>.
- Heat, C. y Lehn D., 2008, *Configuring "interactivity": Enhancing engagement in science centres and museums*, Social Studies of Science 38/1, disponible en: www.sagepublications.com.
- Heeter, C., 2000, *Interactivity in the context of designed Experiences*, Journal of Interactive Advertising. Vol. 1, Núm. 1, disponible en: <http://www.jiad.org/article2>.
- Hein, H., 1990, *The Exploratorium: The museum as a laboratory*, Washington, DC, Smithsonian Institution Press.
- Hernández, B. B., 2001, *Técnicas estadísticas de investigación social*, Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España, pp. 320, disponible en: http://www3.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_04/n4_art_sabbatini.htm
- Hernández G. J., 2006, *Construir una identidad. Vida juvenil y estudio en el CCH Sur*, Revista Mexicana de Investigación educativa, abril-junio, Vol. 11, Núm. 29.
- Jensen, J. F., 1998, *Interactivity—Tracking a New Concept*, In Suave Lobodzinski & Ivan Tomek Editores, Proceedings of WebNet 97-World Conference, disponible en: www.nordicom.gu.se/common/publ_pdf/38_jensen.pdf.
- Kaptelinin, V. y Nardi B. A., 2006, *Acting with Technology. Activity Theory and Interaction Design*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, pp. 332.
- Kerckhove, D., 1999, *Inteligencias en conexión: hacia una sociedad de la WEB*, Editorial Gedisa, Barcelona, España, pp. 253.

- Korn R., 1992, *Redefining the visitor experience in the exhibit development process*, Visitor Studies, Vol. 4 (1), pp. 169-172.
- Leontiev, A. N., 1978, *Activity, Consciousness, and Personality*, Englewood Cliffs. N.J., Prentice Hall, pp. 234.
- Lorés, J. Granollers, T. y Lana S., 2002, *Introducción a la interacción persona-ordenador*, Universitat de Lleida, España. Disponible en línea en: <http://www.aipo.es/libro/pdf/01Introd.pdf>
- Lowgren, J. y E. Stolterman, 2004, *Thoughtful Interaction Design: A design Perspective on Information Technology*, Cambridge, Mass: MIT Press, disponible en: <http://www.google.com.mx/books?id=g573kw36QMUC&printsec=frontcover&dq=Thoughtful+Interaction&ei=i4nfSYaqOo7CMZv63agO#PPP1,M1>.
- Lozano, H. M. M., 2005, *Tesis "Hacia un nuevo contrato social: La popularización de la ciencia y la tecnología"*, Facultad de Filosofía y Letras, Instituto de Investigaciones filosóficas, UNAM, México, D. F., pp. 73.
- Luca S. (S/F) El docente y las inteligencias múltiples, Revista Iberoamericana de Educación: (ISSN: 1681-5653), disponible en línea: <http://www.rieoei.org/deloslectores/616Luca.PDF>.
- Mabillot, V., 2000, *Les mises en scènes de l'interactivité. Représentations des utilisateurs dans les dispositifs de médiations interactives*, Université Lyon 2, disponible en línea en <http://vmabillot.free.fr/interactivite/these/index.html>.
- Macfadden B. J., Dunckel B. A., Ellis S., Dierking L., Abraham-silver I., Kisiel J., and Koke J., 2007, Natural History Museum Visitors' Understanding of Evolution, *BioScience*, Vol. 57, Issue 10, pp. 875-882.
- Malone, T. W., y Lepper, M. R., 1987, *Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning*, En Snow R. E. y Farr M. J. (Editores), *Aptitude, Learning and Instruction Vol. III: Conative and affective process analyses*. Erlbaum Editores, Hillsdale, New Jersey, E.U.A., pp. 223-253.
- Marcos, M. A., 2008, *La experiencia de lo imposible*, Universidad de Valladolid, Trabajo presentado en el Primer Taller sobre Experiencia y Representación

- en la Ciencia, 25 y 26 de noviembre, Instituto de Investigaciones Filosóficas UNAM, México, D.F.
- Martin L., 2001, *Free-choice science education: future directions for researches*, En *Free-choice science education. How we learn science outside of school*. Ed. Teachers College Press, Columbia University, U.S.A., pp. 216.
- Martin, L. y R Toon., 2003, *Balancing Act: Activity theory applications to exhibit design*, en *Journal of Museum Education*, Vol. 28, núm. 2, pp.14-19.
- McLean, K., 1993, *Planning for People in Museum Exhibitions*, Washington, DC: Association of Science and Technology Centers.
- McLean, K., 2005, *Research questions of informal learning practitioners: A seriously informal survey*, The national academies, Center for education board on science education, The status of research on learning science within informal education settings, disponible en: http://www7.nationalacademies.org/bose/Informal_Science_Kathy_McLean_Think_Piece.pdf.
- McManus, P., 1993, *Memories as Indicators of the Impact of Museum Visits*, The International Journal of Museum Management and Curatorship, Vol. 12, pp. 367-380.
- McManus, P. M., 1992, *Topics in museums and science education*, Studies in science education, Vol. 20, pp. 157-182.
- Medved M. I. y Oatley K., 2000, *Memories and scientific literacy: remembering exhibits from a science centre*, International Journal Science Education. Vol. 22, No. 10, pp. 1117-1132.
- Mises, L., 2001, *El problema epistemológico de una teoría general de la acción humana*, en *La acción humana: Tratado de economía.*, Edit. Unión, Valencia, España.
- Mortara A. A., 2005, *O contexto do visitante na experiência museal: semelhanças e diferenças entre museus de ciência e de arte*, Historia, Ciências. Saúde-Manguinhos, vol. 12, suppl., pp. 31-53.

- Nardi, B. (ed), 1996, *Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, Cambridge, Massachusetts: MIT Press, pp. 400.
- Olivé, León, 2000, *El bien el mal y la razón: facetas de la ciencia y la tecnología*, Paidós-Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., pp. 162.
- Osborne y Dillon, 2007, *Research on learning in informal contexts: Advancing the field?* International Journal of Sciences Education, Vol. 29, Núm. 12, pp. 1441-1445.
- Osinski I. C. y Sánchez A., 1998, *Categorías de respuesta en escalas tipo likert*, Psicothema, Vol. 10, Núm 3, pp. 623-631.
- Packer J., 2006, *Learning for Fun: The Unique Contribution of Educational Leisure Experiences*, Curator, vol. 49 (3), pp. 329-344.
- Padilla, J., 2006, El concepto de centro interactivo de ciencias, disponible en publicaciones y documentos de la página web de Red Pop: <http://www.redpop.org/publicaciones/disenoyconstruccion.html>.
- Passig V. C., 1995, *Los sistemas de memoria*, Revista de psicología, Vol. V, Años 1994-1995.
- Pastor, H. M. I., 2004, *Pedagogía museística*, Edit. Ariel Patrimonio, Barcelona, España, pp. 187.
- Peart, B. y Kool R., 1988, *Analysis of a natural History Exhibit: Are dioramas the answer?*, Museum management and curatorship, 7, pp. 117-128.
- Peart, B., 1984, *Impact of exhibit type on knowledge gain, attitudes, and behavior*, Curator, 27(3), pp. 220-237.
- Pérez S. E., 2000, *Estudio de visitantes en museos: metodología y aplicaciones*, Edit TREA, España, pp. 252.
- Pérez-Ransanz A. R., 2008, *Las emociones en la ciencia y en el arte*, IIF, UNAM, trabajo presentado en el Seminario "Filosofía como ciudad de las ciencias y las artes", Universidad Internacional Menéndez Pelayo. Valencia, España, 22 al 24 de octubre.
- Perry, D. L., 1992, *Design Exhibits that motivate*, ASTC Newsletter, 20(2), pp. 9-10 y 12.

- Pierroux, P., 2003, Communicating art in museums, *Lenguaje concepts in art education*, Journal of museum education, 28/1, 3:7.
- Pozo, J. I., 1994, *Teorías cognitivas del aprendizaje*, 3ª edición, Edit. Morata. Madrid, España, pp. 286.
- Quin, M., 1990, *What is hands-on science, y where can I find it?*, Physics Education, 25, pp. 243-246.
- Rabossi, E., 1997, *La filosofía de la acción y la filosofía de la mente*, En Acción Humana, 1ª ed., Editorial Ariel, Barcelona, España, pp. 348.
- Ramírez L. A., Arenas A. M., y Henao G. C., 2005, *Caracterización de la memoria visual, semántica y auditiva en niños y niñas con déficit de atención tipo combinado, predominantemente inatento y un grupo control*, Electronic Journal of Research in Educational Psychology, 3 (7), pp. 89-108.
- Reales, A. J. M., 1996, *Percepción: ¿Proceso directo o mediado?*, Rev. de Psicol. Gral y Aplic, 50 (3), pp. 389-394.
- Regil L., 2006, "Museos virtuales: entornos para el arte y la interactividad". Revista Digital Universitaria Vol. 7, No. 9, disponible en línea: <http://www.revista.unam.mx/vol.7/num9/art78/int78.htm>
- Rennie, L. J. & McClafferty, T. P., 1996, *Science Centers and science learning*, Studies in science Education, Vol. 27:53:98.
- Reynoso E., 2009, *La evaluación de los comunicadores de la ciencia: una perspectiva mexicana*, Razón y palabra. Primera revista electrónica en América Latina especializada en comunicación. No. 65, disponible en línea: <http://www.razonypalabra.org.mx/N/n65/actual/ereynoso.html>
- Reynoso, E. C. Sánchez-mora y J. Tagüeña, 2005, *Lo "glocal", nueva perspectiva para desarrollar museos de ciencias*, Elementos: Ciencia y cultura, julio-septiembre, año/vol. 12 Núm. 59, 33:41.
- Rodríguez P. M., 2010, *Mapas mentales: una estrategia para fortalecer el aprendizaje autogestionario en la educación abierta y a distancia*, Revista Informe de Investigaciones Educativas, Vol. XXIV, pp. 79-91.
- Rodríguez, S. K., 2005, *Aporte a una Nueva Museología española al museo de los niños de Costa Rica*, Revista electrónica "Actualidades investigativas en

- educación”, julio –diciembre, año/vol. 5, número 002, Universidad de Costa Rica San José, Costa Rica, pp. 1-32, disponible en línea: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/447/44750214.pdf>
- Rost, A., 2006, *La interactividad en el periódico digital*, Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona, Facultad de Ciencias de la Comunicación, Departamento de periodismo y ciencias de la comunicación, Programa de Doctorado en Periodismo y Ciencias de la Comunicación, pp. 473.
- Rounds J., 2006, *Doing Identity work in museums*, Curator 49/2, pp. 133-149.
- Rubio, E.J., 1999, *Lenguaje y comunicación de la Ciencia*, Primera revista electrónica en América Latina especializada en comunicación, Núm. 12, año 3, disponible en línea: <http://www.cem.itesm.mx/dacs/publicaciones/logos/anteriores/n12/leng12.html>.
- Sabbatini, M., 2003, *Centros de ciencia y museos científicos virtuales: teoría y práctica*, Revista Teoría de la Educación: educación y cultura en la sociedad de la información, Universidad de Salamanca, disponible en línea: http://campus.usal.es/~teoriaeducacion/rev_numero_04/n4_art_sabbatini.htm
- Sánchez- Mora, A. M., 2009, *Manual de antdivulgación*, Ciencia y desarrollo, Vol. 5, Núm. 236, pp. 14:19.
- Sánchez-Mora M. C., 2004, *Los museos de ciencias promotores de la cultura científica*, Elementos 53, pp. 35-43, versión en línea: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=29405305&iCveNum=1094>.
- Sánchez-Mora, M. C., 2002. *El museo de las Ciencias como foro educativo*, Perspectivas docentes, Núm. 27, pp. 50-62.
- Sánchez-Mora M. C., 2008, *La heurística como herramienta para los estudios de visitantes de museos*, Museo Lúdica Revista Núm. 20-21, vol. 11, pp. 62-79.
- Sánchez- Mora, M. C., 2009a, *La evolución educativa de los museos de ciencias*, Ciencia y desarrollo, Vol. 5, Núm. 236, pp. 32-39.
- Sánchez-Mora M. C., 2009b, *La narrativa como recurso para la evaluación previa en un museo universitario de ciencias*, Boletín Científico y Cultural Universitario, Universidad de Antioquia, Año 10, Núm. 18, pp. 20-34.

- Sánchez-Mora, M. C., 2012, *Influencia del conocimiento previo en la memoria y uso de las exposiciones museográficas*, Revista Museología e Patrimonio. (<http://revistamuseologiaepatrimonio.mast.br/index.php/ppgpmu>), Publicado el 6 de enero de 2012.
- Sandifer, C., 2003, *Technological Novelty and Open-Endedness: Two Characteristics of Interactive Exhibits That Contribute to the Holding of Visitor Attention in a Science Museum*. Journal of Research in Science Teaching Vol. 40, Núm. 2:121-137.
- Santacana, M. J., 2004, *Museografía didáctica, museos y centros de interpretación del patrimonio histórico*, En Santacana M. y Serrat A. (Ed.), *Museografía didáctica*, Ariel, Barcelona, España.
- Santacana J. y Martín C. (coord.) 2010. *Manual de museografía interactiva*. Ediciones Trea, Asturias, España, pp. 655.
- Sarramona J., Vazquez G., Colom A., 1998, *Educación no formal*, Ariel, Barcelona España pp. 273.
- Screven, C. G., 1974, *The measurement and facilitation of learning in the museum environment: An experimental analysis*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- Sheldon A. 1986. *El museo como espacio de la acción simbólica*. Museum. Reflexiones y balances, No 151, Vol XXXVIII, No. 3. 168:171.
- Silverstein G., 2008, Using logic models to identify desired impacts and audience. Objectives. En Friedman, A. (Ed.). *Framework for Evaluating Impacts of Informal Science Education*.
- Sohn, D. y Lee B., 2005, *Dimensions of interactivity: Defferential effects of social and psychological factors*. Journal of Computer-Mediated Communication, 10(3), article 6, disponible en: <http://jcmc.indiana.edu/vol10/issue3/sohn.html>.
- Spock D., 2004, *Is it interactive yet?*, Curator, 47 (4), pp.369-374.
- Stevenson J., 1991, *The long-term. Impact to interactive exhibits*. International Journal of Science Education, 13 (5), pp. 521-531.

- Stocklmayer, M., 2001, *Science communication in theory and practice*. Editado por Susan M., Michael M. Gore, and Chris Bryant., Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands, pp. 284.
- Svanaes, D., 2000, *Understanding interactivity - steps to a phenomenology of human-computer interaction*. Ph.D. (Dr.Philos.) in computer science, NTNU, Trondheim, en: <http://dag.idi.ntnu.no/interactivity.pdf>.
- Tagüeña, J. Rojas C. Reynoso E., 2006, *La divulgación de la ciencia en México en el contexto de la América Latina*, Primer Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I, Palacio de Minería del 19 al 23 de junio de 2006, en línea: <http://www.oei.es/memoriasctsi/simposio/simposio04.pdf>.
- Talcott P. y Shils E., 1968, *Hacia una teoría general de la acción*. Ed. Kapalus, Buenos Aires, Argentina, pp. 555.
- Thier, H. D., & Linn, M. C., 1976, *The value of interactive learning experiences*. Curator, Vol. 19: 233-245.
- Tulving E., 1972, *Episodic and semantic memory*. En Organization of memory, Editado por Tulving E & Donaldson W., E.U.A., New York: Academic Press, pp. 381-403.
- Tulving y Schrater, 1994, *What are the memory systems of 1994?*. En Memory systems 1994, Editado por. Schacter D. L. y, E. Tulving, MIT Press, Londres, Inglaterra, pp. 2-38.
- Usher, R., 1997, *Telling a story about research as story-telling: Postmodern approaches to social research*. En Understanding Social Research: Perspectives on Methodology and Practice. Editores G. McKenzie, J. Powell y R. Usher, London: Falmer Press, pp. 27-41.
- Uzzell, D., 1993, *Contrasting psychological perspectives on exhibition evaluation*. En Museum Visitor Studies in the 90s. Editado por Bicknell, S and Farmelo G., Science Museum England, pp. 125-129.
- Vázquez, T. A., 2004, *Aspectos en la epistemología de John Dewey*. Revista Educación, Año I, Núm. 1, mayo, pp. 67-81.

- Wagensberg, J., 2000, *Principios fundamentales de la museología científica moderna*. Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales, VII (26).
- Weissberg J. L., 1999, *Présences à distance, L'Harmattan communication*, Paris, disponible en línea en <http://hypermedia.univ-paris8.fr/Weissberg/presence/presence.htm>.
- Winograd, T. (ed), 1996, *Bringing Design to Software*. New York, N.Y.: ACM Press, Reading, Mass. : Addison- Wesley, pp. 321.
- Wolf, M. J. P. y Perron B., 2003, *Introducción a la Teoría del videojuego*, en *The Video Game Theory Reader* (Nueva York: Routledge, Taylor & Francis Group, Inc.), disponible en línea: *Formats Revista de comunicación audiovisual*. Núm. 4, <http://www.scribd.com/doc/8550248/Introduccion-a-la-teoria-del-videojuego>
- Zar, J. H., 2009, *Biostatistical Analysis*, 5a ed., Prentice Hall, N.J., E.U.A., pp. 944.

ANEXO 1 (memoria semántica)

Tablas de calificaciones, cada número representa el promedio de la calificación de las dos preguntas, para cada uno de los equipos museísticos (ruleta, pantalla y cartel) y para las sub poblaciones en las que se dividió la muestra de estudio (**grupo a**= 2do. semestre solitario, **grupo b**=2do. semestre acompañados, **grupo c**= 4to. semestre solitario y **grupo d**=4to. semestre acompañados).

	GRUPO	RULETA	PANTALLA	CARTEL
1	a	0	0	5
2	a	5	0	0
3	a	5	0	0
4	a	5	0	0
5	a	0	0	5
6	a	5	5	5
7	a	0	5	5
8	b	0	5	0
9	b	0	0	5
10	b	0	5	5
11	b	0	0	5
12	b	0	0	0
13	b	0	0	0
14	b	5	0	0
15	b	5	5	5
16	b	5	5	10
17	b	5	0	10
18	b	10	0	5
19	b	10	0	0
20	b	10	0	5
21	b	5	5	10
22	b	10	0	5
23	b	10	5	10
24	b	10	5	5
25	b	10	5	5
26	b	5	0	5
27	b	5	0	5
28	b	5	0	5
29	b	5	5	5
30	b	5	0	5
31	b	0	0	0
32	b	10	0	10
33	b	0	0	0
34	b	0	0	0
35	b	5	5	5
36	b	5	5	0
37	b	0	0	5
38	b	0	5	5

39	b	0	0	5
40	b	5	0	10
41	b	5	0	5
42	c	0	5	0
43	c	0	0	0
44	c	0	0	0
45	c	0	0	10
46	d	5	0	10
47	d	5	0	10
48	d	5	0	10
49	d	5	0	10
50	d	0	0	10
51	d	5	5	0
52	d	0	0	0
53	d	0	5	0
54	d	5	5	5
55	d	10	0	10
56	d	10	0	10
57	d	0	0	10
58	d	5	5	10
59	d	10	5	0
60	d	10	0	0
61	d	5	0	5
62	d	5	5	10
63	d	5	5	5
64	d	0	0	10
65	d	5	0	5
66	d	5	0	10
67	d	0	5	5
68	d	10	5	10
69	d	5	0	5
70	d	5	0	5
71	d	10	0	5
72	d	5	0	5
73	d	5	5	5
74	d	5	5	5

ANEXO 2. Emociones.

Tablas de datos codificados de las respuestas de emociones de los 74 estudiantes, para cada uno de los tres equipos museográficos.

	GRUPO	RULETA	PANTALLA	CARTEL
1	a	1	1	2
2	a	1	1	2
3	a	1	3	-1
4	a	1	1	2
5	a	1	1	0
6	a	1	2	2
7	a	3	2	-1
8	b	3	1	2
9	b	3	2	-1
10	b	3	3	-1
11	b	1	2	0
12	b	1	3	2
13	b	3	2	-1
14	b	2	1	-1
15	b	1	1	-1
16	b	2	1	2
17	b	1	1	0
18	b	3	1	-1
19	b	1	1	0
20	b	3	1	-1
21	b	3	2	2
22	b	1	1	2
23	b	2	1	2
24	b	2	1	0
25	b	1	1	2
26	b	1	2	0
27	b	1	2	0
28	b	2	1	-1
29	b	3	1	-1
30	b	3	1	0
31	b	1	1	2
32	b	1	1	2
33	b	2	-	2
34	b	2	-	0
35	b	3	3	0
36	b	1	3	-1
37	b	1	1	0
38	b	3	1	2

39	b	3	2	2
40	b	2	1	-1
41	b	3	1	-1
42	c	0	1	2
43	c	2	3	2
44	c	1	1	2
45	c	2	1	-1
46	d	1	1	0
47	d	2	2	2
48	d	1	2	2
49	d	3	2	2
50	d	3	2	-1
51	d	3	1	2
52	d	3	1	2
53	d	1	1	-1
54	d	2	1	-1
55	d	1	0	-1
56	d	0	0	-1
57	d	1	1	-1
58	d	3	3	-1
59	d	1	2	-1
60	d	1	1	-1
61	d	1	1	2
62	d	2	3	-1
63	d	3	3	2
64	d	2	1	2
65	d	3	1	2
66	d	2	2	2
67	d	1	1	-1
68	d	2	3	2
69	d	3	1	-1
70	d	1	1	0
71	d	1	1	-1
72	d	1	2	-1
73	d	2	1	-1
74	d	2	1	2

ANEXO 3. Habilidades y pensamiento crítico.

Tabla .Datos de 45 estudiantes, divididos en cuatro grupos para las preguntas sobre habilidades (aplicación del conocimiento) para cada uno de los 3 equipos.

	GRUPO	RULETA	PANTALLA	CARTEL
1	a	0	0	10
2	a	0	10	10
3	a	0	10	10
4	b	0	10	0
5	b	0	10	10
6	b	0	0	10
7	b	0	10	10
8	b	0	0	10
9	b	0	0	10
10	b	0	10	10
11	b	10	10	10
12	b	0	10	10
13	b	10	10	10
14	b	0	0	10
15	b	0	0	0
16	b	0	10	10
17	b	0	10	10
18	b	0	10	10
19	b	0	10	10
20	b	0	10	10
21	b	0	0	10
22	b	0	10	10
23	b	0	10	10
24	b	0	10	10
25	b	0	10	0
26	b	0	0	10
27	c	0	10	10
28	c	0	0	0
29	c	0	10	10
30	d	0	0	10
31	d	0	10	10
32	d	0	0	10
33	d	0	0	10
34	d	0	0	0
35	d	0	0	10
36	d	0	0	0
37	d	0	10	0
38	d	0	10	0
39	d	0	0	10
40	d	0	0	10
41	d	0	0	0
42	d	0	10	10
43	d	0	0	10
44	d	0	10	10
45	d	0	0	10

ANEXO 4. Habilidades pensamiento científico/crítico.

	Grupo	Ruleta	Pantalla	Cartel
1	a	1	-2	1
2	a	1	1	-1
3	a	-1	-1	-2
4	b	1	-2	0
5	b	2	1	1
6	b	2	-1	2
7	b	2	-1	1
8	b	1	-1	2
9	b	2	1	0
10	b	1	-2	1
11	b	1	-1	0
12	b	1	-2	-2
13	b	1	-2	0
14	b	1	-1	2
15	b	2	1	1
16	b	1	-2	-2
17	b	-2	1	-2
18	b	1	-1	1
19	b	1	-2	1
20	b	1	1	2
21	b	2	1	-2
22	b	2	-1	1
23	b	1	-1	1
24	b	2	-2	-1
25	b	1	-1	-1
26	b	2	-1	-1
27	c	1	-1	-1
28	c	1	-1	1
29	c	1	-1	-2
30	d	1	-2	2
31	d	1	1	2
32	d	1	1	2
33	d	1	-1	-2
34	d	1	-1	-2
35	d	1	-2	-1
36	d	-2	1	-2
37	d	1	-1	1
38	d	1	1	1
39	d	2	1	1
40	d	1	-1	-2
41	d	1	1	-1
42	d	2	1	0
43	d	2	1	2
44	d	1	-1	0
45	d	1	1	-2

Elige alguna de las opciones que represente tu sentir respecto a cada una de las siguientes preguntas.

- +2 totalmente de acuerdo
- +1 de acuerdo pero no del todo
- 0 no puedo opinar
- 1 no estoy de acuerdo con la mayoría
- 2 totalmente en desacuerdo