



**Universidad Autónoma de Madrid
Facultad de Psicología
Departamento de Psicología Básica
Programa de Doctorado: Desarrollo, Aprendizaje y Educación:
Perspectivas Contemporáneas**

TESIS DOCTORAL

**LOS MÓDULOS INTERACTIVOS EN UN MUSEO DE CIENCIAS
COMO HERRAMIENTAS DE APRENDIZAJE CIENTÍFICO**

Autora
Diana Alderoqui Pinus

Director
Juan Ignacio Pozo Municio

Septiembre 2009

**LOS MÓDULOS INTERACTIVOS EN UN MUSEO DE CIENCIAS
COMO HERRAMIENTAS DE APRENDIZAJE CIENTÍFICO**

Por

Diana ALDEROQUI PINUS

**Universidad Autónoma de Madrid
Facultad de Psicología
Departamento de Psicología Básica**

Septiembre de 2009

*Dedicado a mis padres por hacerme crecer en museos
y a Uri, Galia y Michael por compartir mis museos*

ÍNDICE

Resumen	11
Abstract	12
Agradecimientos	13
Capítulo 1 - PRESENTACIÓN Y ESQUEMA DE LA TESIS	17
PRIMERA PARTE: MARCO TEORICO	
Capítulo 2 - APRENDIZAJE EN MUSEOS	26
2.1 DEFINICIÓN E HISTORIA DE LOS MUSEOS DE CIENCIA	26
2.2 DEFINICIÓN DE INTERACTIVIDAD	30
2.2.1 Crítica a los museos interactivos	33
2.3. MUSEOS DE CIENCIA Y APRENDIZAJE ESCOLAR	35
2.4. ESTUDIOS DE PÚBLICO Y EVALUACIÓN DE EXPOSICIONES	38
2.4.1 Modelo contextual del aprendizaje	40
2.4.2 La teoría constructivista del aprendizaje en museos	41
2.4.3 Socio- constructivismo en museos	46
2.5 APRENDIZAJE FAMILIAR EN MUSEOS	52
2.5.1 Definición de aprendizaje familiar	53
2.5.2 Apoyo de los padres al desarrollo del pensamiento científico	55
2.5.3 Padres y niños en museos de ciencia- motivaciones y roles	59
2.5.4 Adultos- ¿ayudan o estorban?	61
2.6 DISEÑO DE MÓDULOS INTERACTIVOS	63
2.6.1 Diseño de la actividad	67
2.6.2 Diseño de los apoyos	70
2.6.3 Resumen: Lineamientos principales del diseño de módulos interactivos	71
Capítulo 3 - APRENDIZAJE CIENTÍFICO Y CAMBIO CONCEPTUAL	73
3.1 INTRODUCCIÓN	73
3.2 APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS	73
3.3 EL CONOCIMIENTO PREVIO	74
3.4 DEFINICIÓN CLÁSICA DE CAMBIO CONCEPTUAL	75
3.5 MODELOS SITUADOS	78
3.5.1 La cognición situada	78
3.5.2 El conocimiento fragmentado	79
3.5.3 La contextualidad en el cambio conceptual en el museo	80
3.6 EL CAMBIO CONCEPTUAL COMO REESTRUCTURACIÓN DE TEORÍAS	81
3.6.1 El cambio conceptual como reestructuración de teorías de marco	82
3.6.2 El cambio conceptual radical como cambio de categorías ontológicas	83
3.6.3 El cambio conceptual como cambio representacional	84
3.6.4 La explicitación como mecanismo de cambio conceptual en el museo	87
3.6.5 Niveles del cambio conceptual	89
3.7 ¿QUÉ APOYA EL CAMBIO CONCEPTUAL EN LA INSTRUCCIÓN?	91
3.7.1 Cambios "calientes"	91
3.7.2 Discusión, elaboración, argumentación	92
3.7.3 Conflicto /conflicto moderado	92
3.7.4 Uso de representaciones externas – analogías, modelos y sistemas de representación externa	93

3.8	CONCLUSIÓN – EL CAMBIO CONCEPTUAL EN EL MUSEO _____	94
-----	---	----

Capítulo 4 - LOS MÓDULOS INTERACTIVOS COMO OBJETOS REPRESENTACIONALES _____ 97

4.1	INTRODUCCIÓN _____	97
4.2	LOS MÓDULOS COMO ARTEFACTOS COGNITIVOS _____	97
4.3	LA FUNCIÓN DE LAS REPRESENTACIONES EXTERNAS EN LA COGNICIÓN _____	99
4.4.	LOS OBJETOS COMO ARTEFACTOS COGNITIVOS: <i>AFFORDANCES</i> _____	101
4.5	LOS OBJETOS COMO ARTEFACTOS COGNITIVOS – TEORÍAS DE LA COGNICIÓN DISTRIBUIDA _____	103
4.6	REPRESENTACIONES EXTERNAS Y REPRESENTACIONES INTERNAS _____	106
4.7	USO DE LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN EXTERNA (SRE) EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS _____	109
	4.7.1 Representación Dual _____	114
	4.7.2 Modelos y Manipulables _____	115
4.8	¿CÓMO SE DISEÑAN LOS OBJETOS REPRESENTACIONALES? _____	116
4.9	CONCLUSIÓN- LOS MÓDULOS INTERACTIVOS COMO OBJETOS REPRESENTACIONALES _____	121

SEGUNDA PARTE: TRABAJO EMPÍRICO

Capítulo 5 - DISEÑO DE LOS ESTUDIOS EMPÍRICOS _____ 124

5.1	TRADICIONES DE INVESTIGACIÓN EN MUSEOS _____	124
5.2	PREGUNTAS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN _____	127
5.3	METODOLOGÍA _____	128
	5.3.1 Participantes _____	128
	5.3.2 Tareas _____	129
	5.3.3 Procedimiento _____	131
	5.3.4 Análisis de los datos _____	132
	5.3.4.1 Medición del tiempo _____	132
	5.3.4.2 Análisis estadístico de datos textuales _____	134
	5.3.4.3 Índice de familia _____	136
	5.3.4.4 Análisis de datos de video _____	137
	5.3.4.5 Análisis de una familia en detalle _____	138

Capítulo 6 - LA SALITA DE ESPEJOS _____ 139

6.1	INTRODUCCIÓN _____	139
6.2	ESTUDIO 1a _____	142
	6.2.1 Metodología _____	142
	6.2.1.1 Participantes _____	142
	6.2.1.2 Tareas _____	142
	6.2.1.3 Procedimientos _____	144
	6.2.1.4 Análisis de los datos- Medición del tiempo _____	144
	6.2.2 Resultados _____	145
	6.2.2.1 Medición del tiempo _____	145
6.3	ESTUDIO 1B _____	146

6.3.1 Metodología	146
6.3.1.1 Participantes	146
6.3.1.2 Procedimientos	146
6.3.1.3 Análisis de los datos	146
6.3.2 Resultados	147
6.3.2.1 Análisis estadístico de datos textuales	147
6.3.2.2 Índice de familia	156
6.3.2.3 Análisis de datos de video	157
6.3.2.4 Análisis de una familia en detalle	169
6.4 DISCUSIÓN	176
6.4.1 Representaciones externas que llamen la atención a las esquinas	178
6.4.2 Representaciones externas que invitar a la manipulación	179
6.4.3 La adaptación mutua con el módulo: Apoyar la redescrición y el establecimiento de relaciones entre variables	180
6.4.4 La comparación de un mismo fenómeno con tres valores diferentes	181
6.4.4.1 Las comparaciones como <i>affordances</i> cognitivos	184

Capítulo 7 - LA MESA DE RUEDAS DENTADAS **189**

7.1 INTRODUCCIÓN	189
7.2 ESTUDIO 2A	196
7.2.1 Metodología	196
7.2.1.1 Participantes	196
7.2.1.2 Tareas- Descripción del módulo	196
7.2.1.3 Procedimiento	197
7.2.1.4 Análisis de los datos	198
7.2.2 Resultados	198
7.2.2.1 Medición del tiempo	198
7.3 ESTUDIO 2B	199
7.3.1 Metodología	199
7.3.1.1 Participantes	199
7.3.1.2 Procedimiento	199
7.3.1.3 Análisis de los datos	199
7.3.2 Resultados	200
7.3.2.1 Análisis estadístico de datos textuales	200
7.3.2.2 Índice de familia	208
7.3.2.3 Análisis de datos de video	214
7.3.2.4 Análisis de una familia en detalle	222
7.4 DISCUSIÓN	227
7.4.1 Niveles de contenidos explicitados	228
7.4.2 Conductas epistémicas de padres y niños	231
7.4.3 Las representaciones externas como <i>affordances</i> cognitivos: Contar, comparar, matematizar	232

Capítulo 8 - AIRE EN MOVIMIENTO **235**

8.1 INTRODUCCIÓN	235
8.1.1 Los fenómenos contra intuitivos	236
8.1.2 Los conceptos científicos en el módulo del aire	237
8.1.3 Las concepciones intuitivas del aire en niños y adultos	237
8.1.4 Investigaciones en museos	241
8.2 ESTUDIO 3A	245
8.2.1 Metodología	245

8.2.1.1	Participantes	245
8.2.1.2	Tareas	245
8.2.1.3	Procedimiento	247
8.2.1.4	Análisis de los datos	247
8.2.2.	Resultados	247
8.2.2.1	Medición del tiempo	247
8.3	ESTUDIO 3B	248
8.3.1	Metodología	248
8.3.1.1	Participantes	248
8.3.1.2	Procedimiento	248
8.3.1.3	Análisis de los datos	249
8.3.2	Resultados	249
8.3.2.1	Análisis estadístico de datos textuales	249
8.3.2.2	Índice de familia	250
8.3.2.3	Análisis de datos de video	255
8.3.2.4	Análisis de una familia en detalle	262
8.4	DISCUSIÓN	270
8.4.1	Contenidos explicitados en situaciones contra-intuitivas	271
8.4.2	Uso de las Representaciones Externas- cintas y carteles	273
8.4.3	Explicitación de la actitud y la agencia, indicios de redescrición	275

Capítulo 9 - DISCUSIÓN GENERAL **279**

9.1	PRINCIPALES CONTRIBUCIONES	280
9.2	CONTENIDOS EXPLICITADOS EN LA INTERACCIÓN DE PADRES Y NIÑOS	285
9.2.1	¿Qué indicios de cambio conceptual se identifican en un museo?	291
9.2.1.1	Revisión de principios conceptuales	291
9.2.1.2	Utilización de códigos que permiten la cuantificación de las relaciones	293
9.2.2	Explicitación de contenidos: ¿aumento, reajuste, reestructuración?	294
9.3	CONDUCTAS EPISTÉMICAS Y ACTITUDES EPISTÉMICAS	294
9.3.1	¿De qué manera se explicita la agencia?	302
9.4	INFLUENCIA DE LAS REPRESENTACIONES EXTERNAS DEL MÓDULO EN LAS TAREAS Y EN LOS CONTENIDOS EXPLICITADOS	303
9.4.1	Jerarquías de representaciones externas en un módulo - objetos, marcas y cursores	307
9.4.2	¿Módulos que enseñan o módulos que apoyan la actividad y el descubrimiento?	308
9.4.3	Módulos interactivos como objetos representacionales	310
9.5	UN MODELO PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE MÓDULOS INTERACTIVOS	311
9.6	LIMITACIONES DE ESTE TRABAJO Y NUEVAS PREGUNTAS	315
9.7	OBSERVACIONES FINALES	317

REFERENCIAS **321**

ANEXOS **343**

RESUMEN

En esta tesis se han presentado tres estudios relacionados con el aprendizaje informal de ciencias con módulos interactivos, con el objeto de comprender cómo puede el diseño de los módulos favorecer la explicitación de conceptos científicos relacionados con los fenómenos presentados. Se estudiaron módulos que exigen diferentes niveles de elaboración por parte del visitante (espejos, ruedas dentadas y aire en movimiento). Para cada módulo, se conformó una situación experimental con elementos agregados (objetos, marcas o carteles) para apoyar la mención de determinados contenidos (la situación de control no contaba con estos elementos). Se comparó el efecto de los elementos agregados en las tareas de las familias que interactuaban con el módulo: en los fenómenos más cotidianos (espejos) los cuerpos geométricos en las esquinas de intersección de dos espejos fueron percibidos directamente, permitieron el cómputo y estructuraron las tareas, funcionando como *affordances* cognitivos. En el segundo estudio (ruedas dentadas) se incluyeron elementos orientados a la explicitación de contenidos relacionados con la dirección y la velocidad. Las marcas agregadas en este módulo fueron efectivas solo para los padres con conocimiento previo, ofreciendo para este grupo índices viso-espaciales y promoviendo inferencias. Por último, en fenómenos contra-intuitivos (aire en movimiento) se agregaron cintas de color que funcionaban como visualizaciones de la dirección del aire. En este caso, no se registraron diferencias entre las dos situaciones: la paradoja frente al fenómeno fue expresada por más de la mitad de las familias del total de la muestra. Asimismo, más de la mitad de las familias formuló la explicación del fenómeno en términos de presiones, encontrándose una correlación entre la frecuencia de la mención de la paradoja y la mención de la diferencia de presiones. La visualización de la dirección de la corriente del aire no fue efectiva y en ambas situaciones el efecto contra-intuitivo provocó dependencia del cartel explicativo. A partir de estos estudios, se propone un modelo para el análisis funcional y el diseño de módulos interactivos en un museo de ciencias que toma en cuenta la inclusión de elementos para apoyar conductas y actitudes epistémicas.

Palabras clave: familias, interactividad, diseño de módulos, museos de ciencias, *affordances* cognitivas, actitudes epistémicas, contra-intuitivo.

ABSTRACT

This thesis presents three studies related to the informal learning of sciences with interactive exhibits, with the aim to understand how the design of the exhibits can help generate explicit references to scientific concepts related to the phenomena presented. The exhibits studied demanded different levels of elaboration on the part of the visitors (mirrors, cogwheels, air in movement). For each exhibit an experimental situation with added elements (objects, marks, or labels) was conceived to support the conversation on specific concepts (these elements were removed in the control situation). The effect the added elements had in the families' tasks was measured: in the case of everyday phenomena (mirrors), the geometric solids in the corner between two mirrors were perceived directly; they allowed computation and changed the nature of the tasks, functioning as cognitive *affordances*. In the second study (cogwheels) elements oriented towards making explicit concepts related to direction and speed were considered. The marks added in the module were only effective for parents with previous knowledge, thus rendering for this group a visual spatial index and fostering inferences. Finally, in counterintuitive phenomena (air in movement) colour ribbons were added for the visualization of the direction of the air. In this case, no differences between the two situations were recorded: the paradox, when confronted with the phenomenon, was expressed by more than half of the families at the exhibit. Moreover, more than half of the families stated the explanation of the phenomenon in terms of pressures and a correlation between the frequency of the mention of the paradox and the mention of the difference of pressures was recorded. The visualization of the direction of the air current was not effective, and in both instances the counterintuitive effect elicited dependence on the explanatory labels. Based on these studies, we propose a model for the functional analysis and the design of interactive exhibits for a science museum which include elements to enhance epistemic behaviors and epistemic attitudes.

Keywords: families, interactivity, exhibit design, science museums, cognitive *affordances*, epistemic attitudes, counterintuitive.

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Al final de este viaje estamos tú y yo intactos
Pablo Milanes

Muchas veces pensé en mi doctorado como en un viaje. Un viaje por el mundo de las ideas de otros, pero llegando por primera vez a lugares probablemente inhóspitos en los que nadie hasta ahora había dejado huella. Pero también es un viaje en el verdadero sentido de la palabra ya que el hecho de vivir en Jerusalén y hacer el doctorado en Madrid me permitió viajar repetidas veces. Tuve compañeros de viaje que me acompañaron durante estos años y otros encuentros significativos en distintos puntos y éste es el lugar para agradecerles.

Ante todo a Juan Ignacio Pozo, mi director de tesis, que más que guía es una luz brillante que indica rutas alternativas. Nuestras charlas en los distintos momentos me ayudaron a visualizar recovecos y escollos en el camino. Gracias Nacho por haber aceptado pensar conmigo acerca del valor de los museos, por los instantes de lucidez compartidos, por "bancar" mis insistencias y por insistir en la explicitación de mi agencia.

A mis madrinas, mujeres doctoras que me incentivaron y convencieron que debía hacer mi doctorado: Eva Teubal, Tamy Yehieli, Orna Yair y Diana Silberman Keller (que me falta tanto) les debo un agradecimiento especial. Fueron ellas las que a lo largo de estos cinco años cada vez que me veían me preguntaban - ¿Cómo anda el doctorado?, permitiéndome hablar de dudas y logros. Agradezco también a mis amigos doctorandos con los cuales tuve charlas que me ayudaron no solo a entender más sobre mi tema sino a comprender cómo construirme a mi misma como doctora: Anat Sela, Yael Bamberger, Robin Meisner, Jennifer deWitt y muy especialmente a Alfredo Bautista.

A mis amigos españoles: Mikel Asensio por las charlas de museos, Cintia Rodríguez por las charlas más allá de los museos, Nacho Montero, por la "buena onda" y la mirada metodológica, Nora Scheuer (compatriota) por charlas inolvidables y por aquellas ideas que me llevaron lejos, Puy Pérez Echeverría que desde el

principio me apoyó y ayudó a completar las distintas etapas del programa y a Alma Herman y su familia por brindarme compañía en mis excursiones españolas.

A la gente de mi museo (*Bloomfield Science Museum Jerusalem*): A Maya Halevy, por permitirme armar la sección de la biblioteca sobre el tema de educación en museos a lo largo de los años y por respetar mis ausencias. A Amir Ben-Shalom y a Yossi Antokolitz por el placer de traducir ideas a módulos y por la ayuda tecnológica; a David Rosenberg por sacarme de apuro en algunas configuraciones de la informática; a Hanan Cohen por las fotos y las historias y en especial a Peter Hillman, por las charlas interminables, por escuchar y marcar límites y por la eterna preocupación por la representación.

A la gente de museos y educación en EE.UU., Gran Bretaña e Israel: Sue Allen, Maureen Callanan, Bronwyn Bevan, Jonathan Osborne, Christian Heath, Anwar Tlili y Sherman Rosenfeld por diálogos virtuales y reales. A la UNAM por otorgarme la beca de estancia investigadora en Londres que me permitió hacer muchos de estos contactos y a CILS (Center for Informal Learning and Schools) por permitirme participar en los congresos donde pude encontrar a muchos investigadores en temas de educación en museos.

A mis amigas inter-juezas que me ayudaron en las etapas en las que necesitaba clarificar mis categorías de análisis: Galit Nadav, Varda Gur Ben-Shitrit y Asnat Bably. A Linor Hadar por la ayuda estadística y a mi amiga Lilita por largas horas de leer, releer y corregir en el afán de "sacarle brillo" a mi redacción en español.

A mis padres que me apoyaron y compartieron las alegrías de mis logros, a mi tía Yvette por el mandato de estudiar "de grande" y por animarse a leer varios capítulos de la tesis, a mis hermanas museólogas Silvia y Helena Alderoqui por recorrer conmigo, a pesar de la distancia, algunas de estas sendas y a mi primo Eli Aljadeff por el apoyo eterno y la exactitud de su mirada matemática.

A Galia y Michael, mis hijos divinos, por la comprensión y la paciencia. A Uri por tenerme fe y apoyarme a emprender este proyecto a mi manera. Y a los tres por estar allí siempre.

Para terminar, menciono a los padres y niños que visitan los museos. A todos y cada uno mil gracias por acompañarme en este viaje.

Capítulo 1

PRESENTACIÓN Y ESQUEMA DE LA TESIS

Capítulo 1

PRESENTACIÓN Y ESQUEMA DE LA TESIS

Madre **Aquí, XXX, mira cómo se sostiene. En realidad el aire va hacia aquí y no hacia arriba, entonces ¿qué ocurre? Siente aquí, ¿ves que el aire baja? ¿Y por qué la pelota sube?**

Niña (7 años) **No sé. ¿Fuerza de atracción?**

Madre **No, no es la fuerza de atracción, es el principio de Bernoulli. Dice que *El aire en movimiento ejerce una presión baja.* Cuando el aire fluye aquí hace una presión baja. Inténtalo.**

Niña (7 años) **Funciona. Mamá. ¿Sabes cómo funciona?**

Madre **¿Cómo funciona?**

Niña (7 años) **Mamá, las ruedas dentadas así se entrelazan y entonces, mira, si hacemos girar una rueda dentada, las ruedas se entrelazan así y entonces mueven, como si movieran unas a las otras.**

Esta tesis doctoral es sobre museos y aprendizaje, particularmente sobre el aprendizaje en museos interactivos de ciencias. Afrontamos en este trabajo la complejidad y la intensidad de las visitas (aquellos que como padres han llevado a sus hijos a un museo interactivo estarán de acuerdo con esta definición) y buscamos calificar y clarificar el aporte de los museos y su funcionamiento como contextos de aprendizaje. A primera vista algunos museos interactivos son muy ruidosos (por los aparatos, por los niños y por las conversaciones). Pero más allá del barullo, son lugares en los que los niños están activos, motivados, y poniéndose en contacto con objetos, fenómenos y situaciones cargadas de significado.

Los museos interactivos de ciencias presentan variedad de pequeños y grandes módulos, que invitan a interactuar. Un buen exhibidor puede atraer, entre otros factores, por su tamaño, por su originalidad, por lo novedoso de la tecnología implicada, por lo asombroso del fenómeno o por lo gratificante de la actividad desarrollada. Muchas veces los visitantes (niños y adultos) desconocen lo que los módulos muestran, pero esto no necesariamente impide la interacción. Un observador casual puede registrar que los visitantes adoptan diferentes actitudes frente a los

módulos: algunos reaccionan a lo que el módulo ofrece, otros experimentan con diferentes opciones, los niños parecen preguntarse ¿a ver qué se puede hacer aquí?, mientras los adultos tienden a leer los carteles explicativos para averiguar: ¿qué me quisieron mostrar aquí? Por último, algunos observan cómo otros visitantes manejan los módulos y luego prueban por sí mismos. Al visitar un museo, adultos y niños se encuentran con objetos desconocidos y con la necesidad de darles significado y, en el caso de los adultos, de apoyar a sus hijos a interactuar de manera significativa y *adecuada* a las normas del museo. Los significados se construyen, entonces, a través de la interacción con los módulos en exhibición y con las personas cercanas (el grupo familiar, los otros visitantes, o los mismos trabajadores del museo). En una primera aproximación, los objetivos de los módulos son desconocidos y los visitantes los descubren a través de la interacción, otras veces la función (cómo accionar el módulo) es puesta de manifiesto por los mediadores del museo (los propios guías o los carteles explicativos) y en ocasiones la función permanece oculta. Saber para qué fue diseñado lo convierte en herramienta para exploraciones sucesivas.

Pero nos surge la pregunta sobre si es posible reconocer la función de los módulos a través de la interacción. ¿Qué tipo de metas se forman niños y adultos frente a los módulos? ¿Qué actitudes y actividades son lícitas frente a los módulos? ¿Qué tipos de aprendizajes tienen lugar?

Mirada escéptica de la educación científica

Cuando, en cambio, el observador casual no es un padre sino un investigador de enseñanza de la ciencia, probablemente su mirada sea distinta y más crítica. Si bien algunos estarán de acuerdo en que la manipulación es una condición necesaria para el aprendizaje de los niños pequeños y en ocasiones deseable para los niños mayores y los adultos, en muchos casos será insuficiente. Osborne (1998), por ejemplo, indica que si bien la interactividad puede ser altamente placentera, no tiene mucho valor si no se invita los visitantes a concentrarse, recapitular y rever la experiencia. Vista de esta manera, la interactividad es un medio a disposición del museólogo para lograr determinados objetivos, y entre ellos, la mejor interpretación de las colecciones, pero un medio que debe ser utilizado con cuidado.

Mirada del museo: motivación, actividad significativa, aprendizajes futuros

Los museólogos y educadores del museo al ser interrogados acerca de la interactividad sostienen que los módulos son diseñados a partir de fenómenos, procesos, o ideas que se desea presentar al público. Dichos módulos son planeados para ser manipulados y apoyar la construcción de significados. Los módulos son diseñados para atraer al visitante, mostrar y demostrar efectos interesantes y estimular su curiosidad. Los diseñadores de los módulos se basan generalmente en convenciones conocidas por los visitantes para el diseño: al mover manijas, manipular objetos, girar ruedas, los visitantes pueden hacer visibles los fenómenos y los procesos científicos. Los módulos son, de alguna manera, objetos culturales cuyo significado se construye también a través del uso. Frecuentemente aún cuando los objetos-módulos en un museo sean activados como fueron diseñados, los significados adjudicados por los visitantes distan mucho de los conceptos científicos que los diseñadores y los científicos tenían en mente en el momento de diseñarlos.

Defensores fanáticos y críticos intransigentes

La interactividad ocupa a los trabajadores en museos y encuentra en el ámbito museístico tanto a fervorosos defensores como a ardientes opositores. La interactividad es una de las opciones de los medios expositivos pero no un fin en sí mismo. Las críticas a museos de ciencias apuntan a que los museos, más allá de ser interactivos o participativos, son hiperactivos y provocan excitación y estímulos en algunos casos motivadores, pero que no estimulan la comprensión y la profundización. Aún reconociendo el valor de la interactividad, se producen comentarios mordaces dentro del propio marco de los museos interactivos: "una fila de botones y poleas puede ejercitar los dedos y los brazos del visitante pero no necesariamente sus mentes." (McLean, 1993, p.16).

Comencé mi carrera en un museo de arte al terminar mi maestría en Educación. A lo largo de 20 años de trabajo en el museo de ciencias busco comprender cómo pueden convertirse los módulos en herramientas eficaces para el aprendizaje. El museo de ciencias de la ciudad de Jerusalén (*Bloomfield Science*

Museum Jerusalem) fue fundado en el año 1992 y cuenta en sus 12 exposiciones interactivas, en temas de mecánica, óptica, electricidad, estructuras y comunicación con más de 200 módulos interactivos, en su mayoría diseñados y construidos en el taller del museo. Durante estos años, he participado como comisaria educativa en equipos de diseño de exposiciones para diversos públicos: Palancas de descubrimiento (1993), Volver a mirar (1998), Medicinas (2001), Juguetes y física (2004), Ilusiones (2007), Investigando el cerebro (2008), Cuentos y Ciencia (2008), Ciencia en el parque de diversiones (2009). He experimentado una y otra vez las limitaciones y aciertos que ofrece el medio de la interactividad que, a veces yendo en contra de las buenas intenciones de los diseñadores, se vuelve como un bumerán: una buena idea se transforma en un caos desorganizado del que es imposible construir significados.

Buscar más allá de lo obvio- marcos teóricos para comprender

Para pensar lo que ocurre en los museos necesitamos más de un marco teórico. Necesitamos, por ejemplo, entender de qué manera funcionan las familias al interactuar conjuntamente en los módulos. El marco teórico para la investigación de la familia en el museo ha sido principalmente el socio-cultural, que define al aprendizaje en y a partir de los museos como social y culturalmente construido, a través de la acción de las personas dentro de una comunidad de práctica. (Benloch y Williams, 1998; Ellenbollen, Luke, y Dierking, 2004; Leinhardt y Crowley, 1998; Leinhardt y Knutson, 2004). Según esta perspectiva, las conversaciones son el medio a través del cual se constituye la identidad dentro de la comunidad. Este marco teórico incluye a los significados compartidos, los procesos, artefactos, símbolos e identidades construidos a partir de la actuación en contextos específicos. Considerando al museo como un contexto de aprendizaje, dedicaremos el capítulo 2 de esta tesis a la revisión de investigaciones y teorías en el ámbito de los museos. Además, necesitamos comprender cómo se aprenden los conceptos científicos, no solo en los museos. La psicología cognitiva, especialmente la dedicada al aprendizaje de conocimientos científicos y matemáticos, permite incluir dentro de este análisis el rol de los conocimientos previos y los procesos de cambio conceptual. El capítulo 3 de la revisión será dedicado a estos temas.

Es en el encuentro de ambos marcos teóricos donde podríamos ubicar esta tesis doctoral. Nuestra investigación se apoya en las conversaciones como producto del aprendizaje, partiendo del enfoque socio-cultural, pero respondemos a una perspectiva cognitiva, abierta a los efectos del contexto (Pozo, Rodrigo, 2001) y mediada por la cultura. Consideramos que la información desplegada en los módulos se relaciona con los conocimientos de las personas (si bien no discutimos en esta tesis la naturaleza de estas representaciones ni los mecanismos de activación). Los visitantes utilizan la información presentada en los módulos, explicitando contenidos específicos en sus conversaciones, respondiendo a las restricciones de la situación y conformando reglas de participación. Registraremos en el capítulo 4 las investigaciones relativas a la interacción con artefactos cognitivos dentro de los que incluimos a los módulos interactivos.

A la luz de la revisión de las teorías, planteamos el objetivo general de esta investigación. Intentamos comprender el papel que juegan los módulos interactivos en un museo de ciencias, examinando de qué manera son utilizados por los visitantes y de qué forma apoyan el aprendizaje científico. Específicamente, cómo puede el diseño de los módulos interactivos favorecer la explicitación de los mensajes del módulo, los parámetros relevantes para el efecto y la relación entre los parámetros. Para responder a estas preguntas, identificamos tres módulos con distintos nivel de complejidad y conformamos el diseño metodológico general y las preguntas específicas de la tesis (capítulo 5). Los resultados de los estudios empíricos los hallamos en el capítulo 6 (módulo de los espejos), en el capítulo 7 (*Mesa de ruedas dentadas*) y en el capítulo 8 (módulo del *Aire en movimiento*). Concluimos la tesis con la discusión general que compara los resultados de los tres estudios en el capítulo 9.

Una última observación personal antes de entrar de lleno en el cuerpo de la tesis: Al planificar las propuestas del museo, me enfrento con la necesidad de conciliar entre las necesidades de diversos públicos, entre ellos los "novatos" y aquellos que buscan mirar desde otro lugar espacios conocidos y los contenidos científicos que el museo presenta. Concretamente, al desarrollar exposiciones, articular objetivos y crear artefactos que den forma a las ideas, busco conformar aquellas experiencias que se relacionen con los conocimientos previos,

reestructurando y profundizando conocimientos preexistentes. Llego entonces a este trabajo de investigación con necesidades teóricas y prácticas: me interesa profundizar sobre el impacto de los museos de ciencias para comprender la interacción entre los conocimientos del visitante y los módulos de exhibición. Intento, asimismo identificar aquellos marcos teóricos que puedan explicar lo que acontece en el museo. Por último, desearía contribuir a establecer lineamientos para el desarrollo de exposiciones futuras, basados en la experiencia y sustentados en la investigación.

PRIMERA PARTE :MARCO TEÓRICO

Capítulo 2 APRENDIZAJE EN MUSEOS

Capítulo 3 APRENDIZAJE CIENTÍFICO Y CAMBIO CONCEPTUAL

Capítulo 4 LOS MÓDULOS INTERACTIVOS COMO OBJETOS REPRESENTACIONALES

Capítulo 2

APRENDIZAJE DE CIENCIA EN MUSEOS

Sin embargo, lo mejor que tenía el museo era que todas las cosas estaban siempre en el mismo sitio. Nada se movía. Uno podría entrar allí cien mil veces y el esquimal acabaría de pescar sus dos pescados, las aves seguirían volando hacia el sur y los ciervos continuarían bebiendo en la aguada, con sus hermosas cornamentas y sus gráciles patas delgadas y la india de los pechos desnudos estaría tejiendo la misma manta. Nada sería diferente. Lo único diferente sería uno.

Salinger, J. D. (1971), *El cazador oculto*, Buenos Aires, Compañía Fabril Editora, (p.123)

Los museos de ciencia interactivos son un fenómeno relativamente nuevo que se ha desarrollado en los últimos 50 años. Los museos interactivos son instituciones de educación no formal frecuentes en grandes y pequeñas ciudades. Los museos o centros de ciencia interactivos en algunos casos no cuentan con objetos de colección y se limitan a tener aparatos que el visitante puede manipular (módulos interactivos). Empezaremos esta reseña con una definición de los museos, para revisar brevemente los antecedentes de los museos de ciencias interactivos y la definición de interactividad. Pasaremos a mencionar algunas críticas enfocadas a los museos y a revisar la bibliografía sobre del impacto y el aprendizaje en museos, particularmente los estudios relacionados con el aprendizaje familiar. Por último, consideraremos el diseño de los módulos interactivos con el objeto de comprender su especificidad y su funcionamiento en la interacción con los visitantes.

2.1 DEFINICIÓN E HISTORIA DE LOS MUSEOS DE CIENCIA

Un museo es una institución permanente, sin fines de lucro, al servicio de la sociedad y de su desarrollo, y abierta al público, que se ocupa de la adquisición, conservación, investigación, transmisión de información y exposición de testimonios materiales de los individuos y su medio ambiente, con fines de estudio, educación y recreación. (ICOM, 2001).

En el estatuto de los museos publicado por el Consejo Internacional de los Museos ICOM (*International Council of Museums*) se hace mención explícita acerca

de la inclusión de centros de ciencias, zoológicos, planetarios y acuarios en la definición de museos - Artículo II, 1.b (i, ii, iii)

Además de aquellas designadas como "museos", las siguientes instituciones son incluidas dentro de esta definición de museos:

i. Monumentos y sitios naturales, arqueológicos, y etnográficos, sitios y monumentos históricos, sitios de naturaleza museística, que adquieren, conservan y comunican evidencias materiales sobre las personas y su entorno.

ii. Instituciones que contienen colecciones de especímenes vivos de plantas y animales, como jardines botánicos y zoológicos.

iii. Centros de ciencias y planetarios.

Desde su aparición hasta el presente, los museos de ciencias han pasado por diferentes enfoques, llamados generaciones por distintos autores (Bradburne, 1989; McDonald, 1998; McManus, 1992). Ejemplos de las diferentes generaciones pueden ser identificados aun hoy, sin embargo existen también museos híbridos que toman elementos de las distintas tradiciones (Friedman, 2007). Los cambios en la historia de los museos reflejan transformaciones similares a los del rol de la ciencia en la sociedad y los debates que los acompañan a lo largo del tiempo (Bradburne, 1989). Algunos autores rastrean el comienzo de los museos de ciencia en las colecciones de objetos del renacimiento (McDonald, 1998; McManus, 1992), siendo estas colecciones de pinturas, mobiliarios y especímenes raros las bases de los museos de arte, historia y ciencias naturales (Friedman, 2007).

La segunda generación se constituye con la creación de los primeros museos de ciencia y las ferias mundiales de finales del siglo XVIII y del siglo XIX. El museo de ciencias de Munich, (*Deutsches Museum*), por ejemplo, fue inaugurado en 1903. Este museo presenta una amplia colección de aparatos que reflejan los avances tecnológicos desde el siglo pasado hasta el presente, incluyendo aviones y helicópteros en su colección. En su afán de presentar la tecnología de manera accesible, éste fue uno de los primeros museos que incorporó ya en el año 1925 máquinas y modelos que podían ser activados por los visitantes. Los aparatos, que funcionaban al ser presionado un botón (Caulton, 1998), son identificados como los antecedentes de los módulos interactivos (Danilov, 1982). Otros ejemplares pioneros

de los museos interactivos son el museo de ciencias de Londres (MacDonald, 1998) y el museo de ciencia e industria de Chicago que montó la simulación de una mina de carbón en el año 1933 (Caulton, 1998). En estos museos la ciencia es presentada en función de las taxonomías, la correcta denominación y clasificación científica de los objetos de colección (ver Asensio y Pol, 2002 para una crítica de los museos tradicionales). Avanzando siempre hacia la verdad y sin cometer errores (Bradburne, 1993) la ciencia positivista se presenta al público para ser admirada.

La tercera generación de los museos de ciencia es la de los museos interactivos y puede ser definida como el despliegue de ideas y conceptos abstractos (Rennie y McClafferty, 1996). Los museos interactivos incluyen distintos tipos de exhibiciones: 1) módulos interactivos acerca de un núcleo temático, 2) módulos interactivos descontextualizados, sin relación uno con el otro (McManus, 1992). Estos museos son considerados como el producto de la reacción de los EE.UU. al lanzamiento del *Sputnik* en el año 1957 (Ogawa, Loomis y Crain, 2009). Tres museos influyentes emergen en los EE.UU. entre 1967 y 1969: el *Exploratorium* en San Francisco, el *Lawrence Hall of Science* en Berkeley y el museo de ciencias de Ontario en Toronto. Estos museos no se basan en objetos ni colecciones sino que ofrecen aparatos para ser manipulados por el visitante, como respuesta a imperativos de innovación en la enseñanza de las ciencias y a la luz de pedagogías activas y constructivistas (Guisasola, 2000; Hein, 1998). De esta manera, los museos promueven el acceso a la información al público en general, respondiendo al interés creciente de la popularización de la ciencia de los grupos de poder políticos (Lewenstein, 1992).

A los pocos años de la creación del *Exploratorium* se creó en el año 1973 un organismo de profesionales de museos interactivos: el ASTC (*Association of Science and Technology Centres*). En la actualidad, este organismo sirve como la principal organización de los centros y museos de ciencias en EE.UU., enfatizando el aprendizaje informal de la ciencia. El entusiasmo por la interactividad se extendió por los EE.UU. y llegó a Europa a mitad de los años 80. El movimiento europeo interactivo se ve reflejado en la creación de la organización de museos de ciencias de Europa ECSITE (*European Collaborative Science, Industry and Technology*

Exhibitions) en el año 1989. La práctica y el conocimiento sobre la construcción de módulos interactivos fue difundida por la comunidad de los museos a través de los *COOKBOOKS* de los años '70 y de los *SNACKBOOKS* de los años '80 del siglo pasado publicados por el Exploratorium, creándose así centros de ciencia interactivos (en algunos casos demasiado similares al original y sin ningún tipo de adaptación cultural) en distintas ciudades del mundo que atraen aún hoy al público en general, especialmente al público escolar y a las familias. En la actualidad existen más de 600 museos y centro de ciencias en todos el mundo en su gran mayoría se encuentran en los EE.UU. (350- 56%), seguidos por Europa (180- 29%).

Los museos interactivos cuentan con un alto número de visitantes. Según ECSITE, 40 millones de visitantes llegan anualmente a los museos de ciencia europeos. Una de las razones de esta popularidad pueden encontrarse en las acciones de los museos destinadas a promover la comprensión y la apreciación de la ciencia (Lewenstein, 1992) y una segunda razón puede ser hallada en la alta atracción de los módulos interactivos (MacDonald, 1998). Más allá de su popularidad, el papel de los museos interactivos en la enseñanza de las ciencias ha sido reconocido por la Fundación Nacional de Ciencia de los EE.UU. (NSF) que identifica a la educación informal como una prioridad. Este reconocimiento, que tuvo lugar a una década de la creación del *Exploratorium* en el año 1979, se ve confirmado por un documento reciente (NRC, 2009) que perfila el potencial del aprendizaje de la ciencia en contextos fuera de la escuela. Estos documentos reflejan un cambio de enfoque de las instancias de la educación formal, que pasan de adoptar una actitud reacia a apoyar a los museos de ciencias de manera activa (Ogawa, Loomis y Crain, 2009).

La imagen de la ciencia presentada por los museos interactivos muestra diferencias a la ofrecida por los museos tradicionales: de las taxonomías en exposición usuales en los museos de colección se pasa a una imagen de la ciencia como accesible para el público y no solo para los propios científicos. Frank Oppenheimer y Richard Gregory, ambos científicos reconocidos, establecieron dos instituciones líderes en el ámbito de la educación informal: El *Exploratorium* ya mencionado y el *Exploratory* en Bristol (1981). Ambas instituciones adoptaron el nuevo enfoque, que se basaba en que los principios de la ciencia podían ser

aprendidos en un ambiente multi-sensorial que promueva la exploración. Los aparatos presentan fenómenos y puedan ser activados y modificados a voluntad. La interactividad es considerada como un método que intenta acercar a las personas a la ciencia y la tecnología reconociendo que para muchas personas la ciencia es incomprensible y la tecnología provoca resquemor: las personas las perciben como mundos separados, difíciles, fantásticos y hostiles a la humanidad. La interactividad pasa a ser una manera de "acercar la cultura popular al mundo esotérico de la ciencia y la tecnología." (Barry, 1998, p. 98). Oppenheimer (1968) respondió a la necesidad creciente de un espacio donde las personas pudieran encontrarse con aspectos de la ciencia y la tecnología, para comenzar a comprender dichos fenómenos, controlando y observando el comportamiento de aparatos de laboratorio. Pero, ¿es realmente la interactividad la panacea? ¿Todo tipo de interactividad es igualmente efectiva? Nos proponemos a continuación definir la interactividad en el marco de un museo para luego hacer referencia a las principales críticas a los museos interactivos.

2.2 DEFINICIÓN DE INTERACTIVIDAD

Podemos definir la museografía didáctica interactiva como el conjunto de técnicas museográficas orientadas a:

...facilitar o permitir la interrelación activa entre el visitante y el objeto a visitar... poniendo en marcha sus sentidos así como diferentes mecanismos físicos, mentales y emocionales. (Santacana y Serrat Antolí, 2005, p. 258).

El concepto de interactividad incluye la manipulación de objetos (originales o replicas) y aparatos, la participación en simulaciones y la utilización de ordenadores y otros componentes multi-mediáticos. El término interactivo según Heath, vom Lehm, y Osborne (2005) es engañoso ya que incluye una gran variedad de herramientas, tecnologías y técnicas como por ejemplo, sistemas informativos sofisticados que rigen formas complejas de interacción entre el usuario y el módulo de exhibición y también artefactos con tecnología mínima. En este trabajo nos ocuparemos de la interactividad de módulos mecánicos sin incluir el diseño de módulos en museos basados en

tecnologías informáticas. Aun así, nos apoyaremos en el análisis de las técnicas interactivas para identificar algunas características comunes a ambos medios. Por ejemplo, ambos medios tienen la capacidad de responder de modo inmediato y contingente a las acciones del usuario, ya que las acciones que las personas provocan son fácilmente captadas. Al referirse a las tecnologías interactivas, Martí (2003) señala la posibilidad de establecer una relación recíproca entre el usuario y la información. El *feedback* que el módulo o el ordenador ofrecen tiene un efecto regulador y conduce a situaciones de aprendizaje activas. Acción y protagonismo, pueden, sin embargo, conducir a la ilusión de que lo importante es actuar y manipular para producir resultados sin lograr interés por los efectos y reduciéndose a un control de destrezas motoras y perceptivas básicas (Martí, 2003) (ampliaremos estos aspectos al señalar las críticas a la interactividad en el apartado siguiente).

Wagensberg (1998, 2000) nombra tres tipos de interactividad en los museos de ciencia: la interactividad manual o de emoción provocadora, la interactividad mental o de emoción inteligible y la interactividad cultural o de emoción cultural.

La genuina interactividad manual da la oportunidad a tal conversación: una respuesta de la naturaleza (sin intermediarios) sugiere una nueva manipulación, una provocación de la naturaleza, otra pregunta a elegir y decidir por el visitante. El visitante se introduce en la piel del científico. Pulsar un botón para poner en marcha un proceso preprogramado es solo una caricatura. (Wagensberg, 2000, p. 16)

La interactividad manual con artefactos es la más difundida en los museos de ciencia. La interactividad manual no es un fin en sí mismo y se ve citada junto a la mental, usándose los vocablos *hand-on minds-on*. Richard Gregory, investigador de la visión y director del museo de Bristol fue uno de los primeros en expresar que las manipulaciones por sí solas no llevan a la comprensión y que el rol del museo es despertar las mentes ya que la actividad y la percepción exigen que el individuo aplique sistemas interpretativos para dar sentido a las experiencias que el museo ofrece (Gregory, 1989). Volviendo a Wagensberg:

Interactividad mental significa practicar la inteligibilidad de la ciencia, distinguir lo esencial de lo accesorio, ver que hay de común entre lo aparentemente

distinto (la diferencia es aparente, lo común digno de investigación). Interactividad mental es alejarse de un experimento del museo asociando ideas con la vida cotidiana, con otros casos que puedan responder a la misma esencia. ... (Wagensberg, 2000, p. 17)

Una tercera interactividad, la cultural o emocional (*hearts on*) da prioridad a las identidades colectivas en torno del museo.

Para que el ánimo o el humor del visitante reciba algún tipo de descarga emocional necesita abordar su aspecto más genuinamente cultural. El objeto o el suceso expositivo puede mostrar matices estéticos, morales, históricos o simplemente de su vida de cada día, que conecten con algún aspecto sensible de visitante (Wagensberg, 1998, p. 92).

Los módulos interactivos sean aparatos grandes, modelos pequeños, ilustraciones o simulaciones permiten a los visitantes "realizar actividades, juntar evidencias, seleccionar opciones, extraer conclusiones, ensayar habilidades, ofrecer opciones y alterar situaciones de acuerdo a dichas opciones." (McLean, 1993, p. 93). Un módulo interactivo tiene objetivos educativos claros orientados a comprender objetos o fenómenos reales mediante exploraciones que requieren iniciativas y elecciones (Caulton, 1998). Los museos interactivos muestran distintos tipos de fenómenos: algunos conocidos por los visitantes, otros desconocidos y aun fenómenos contra-intuitivos, contradictorios a las expectativas del público. Frente a los fenómenos contra-intuitivos la exploración no siempre es posible, ya que la interacción del visitante debe ser limitada para que el efecto ocurra (Gutwill, 2008). En estos casos, los visitantes repiten el fenómeno en su afán de entender (Butler, 1992) o recurren a los carteles informativos para buscar información (Gutwill, 2008).

Ya hemos mencionado que uno de los objetivos de la interactividad es acercar al público a la ciencia y la tecnología y despertar la curiosidad frente al mundo que los rodea (Feher, 1990). En una investigación de las actitudes de las familias y su percepción de galerías interactivas, los visitantes describieron a los museos interactivos como estimulantes, divertidos interesantes, donde se puede jugar y

experimentar, señalando también que permiten aprender de distintas maneras (Adams, Luke y Moussouri, 2004). El efecto motivacional de la visita a los museos, en los que el aprendizaje se lleva a cabo partir de la curiosidad, es definido a veces como experiencias de flujo en las que los visitantes están completamente inmersos en la actividad (Csikszentmihalyi y Hermanson, 1995), controlando su experiencia (Falk y Dierking, 2000). Algunos defensores de la interactividad como Ansbacher (1999) basándose en teorías de psicología evolutiva (representadas por Jean Piaget y Jerome Bruner) o educativas (como la educación activa de John Dewey) amplían el concepto del aprendizaje, sosteniendo que el principal objetivo de los museos de ciencia sería ofrecer experiencias enriquecedoras. En su definición de interactividad Ansbacher (1999) considera que la especificación de las experiencias para ser vivenciadas en el módulo es parte del desarrollo de las exhibiciones. Las experiencias son un fin en si mismo y no solo los medios para llegar a la información. En esta línea de pensamiento se intenta posibilitar el aprendizaje activo y al actividad significativa (Hein, 1998). La manipulación es considerada como una condición necesaria para el aprendizaje de los niños y aún para los adultos, si bien, como ya mencionamos, para otros autores esto no es suficiente.

De cualquier manera, la interactividad es un medio a disposición del museólogo para lograr determinados objetivos pedagógicos y didácticos. Los museos incluyen módulos interactivos para configurar experiencias, interpretar mejor las colecciones o atraer nuevos públicos. Por ejemplo, los espacios interactivos son altamente utilizados y "adoptados" por las familias ya que por sus características multi-sensoriales, promueven el diálogo, la exploración y el descubrimiento (Diamond, 1986). Este tipo de experiencias únicas y la construcción del significado se adaptan especialmente a las necesidades y las expectativas familiares. (Haremos una reseña mas detallada del aprendizaje familiar en el apartado 2.5.)

2.2.1 Crítica a los museos interactivos

Varias críticas se hacen oír en relación a los museos interactivos. En general se reconoce que el público es atraído a los museos y hacia los fenómenos presentados en ellos, manifestando curiosidad acerca de la ciencia, pero se señala que, además de

acercar al público y despertar su curiosidad, los museos muchas veces son diseñados para hacer participar a los visitantes en la investigación auto-dirigida con acento en la diversión y no tanto en el contenido o la información científica. Se menciona que si bien la interactividad puede llegar a ser altamente placentera, no tiene mucho valor si no se invita los visitantes a concentrarse, recapitular y rever la experiencia (Osborne, 1998), siendo limitado el efecto de montajes que solamente demandan un conducta motora simple y no conllevan la activación de esquemas mentales más elaborados (Asencio, Pol, 2002). Asimismo, Witcomb (2006) señala que los módulos interactivos no necesariamente llevan a una relación más democrática y abierta del museo con su público ya que las interacciones son lineales y netamente didácticas. Witcomb (2006) propone ampliar el concepto de interactividad para crear la posibilidad de un intercambio real entre el entorno y el visitante. Por último, una visión más crítica aun sostiene que varias de las manifestaciones de la interactividad no incrementan la agencia de los usuarios sino que por el contrario establecen una nueva relación hombre-máquina: la interactividad que proponía inicialmente reducir la pasividad en realidad aumenta la alineación. (Hennig, 2007).

La crítica a los museos interactivos de ciencias se relaciona también con la imagen de la ciencia que se refleja en los museos y con la comprensión más profunda de los principios de la ciencia. Se señalan, por ejemplo, distintas dificultades para los adolescentes (Fors, 2006): 1) los problemas reales son oscurecidos por exhibiciones excitantes, 2) las explicaciones son pobres, 3) las cuestiones éticas son generalmente ignoradas, 4) la ciencia se refleja como fácil y poco problemática. Algunas críticas giran en torno al excesivo acento en fenómenos aislados y sus resultados y no en los procesos que los originan (Bradburne, 1998) ignorándose la actividad científica y mostrándose una ciencia descontextualizada. Además, se registra que los visitantes que llegan a los museos con ideas previas robustas acerca de la ciencia y que estas ideas son muy difíciles de cambiar (Allen, 1997; Feher, 1990; Roschelle, 1995). Si bien el supuesto es que la participación en instituciones de educación científica informal puede desarrollar la alfabetización científica y el pensamiento científico, (Anderson, Lucas y Ginns, 2003; Rennie y MacClafferty, 1996), el rastreo de evidencias y la documentación de este desarrollo es complejo (Falk y Storksdieck, 2005; Lucas, McManus y Thomas, 1986).

Los museos de ciencia responden a estas críticas intentando mostrar la relevancia de sus contenidos en temas de ciencia sociedad y tecnología con argumentos que nos recuerdan a la propuesta de Wagensberg (1998) acerca del la interactividad cultural. Pedretti (2007) describe iniciativas que apoyan cuatro factores: personalizan los temas tratados, evocan emociones, estimulan el diálogo y el debate y promueven la reflexión. En los últimos años, particularmente en los museos de ciencias europeos, se acentúan estos aspectos orientados hacia el público adulto. Frente a las críticas relativas al aprendizaje de contenidos específicos, intentamos a continuación hacer una revisión del impacto de los museos de ciencia como entidades educativas, examinando en primer lugar el aprendizaje en museos de niños de edad escolar, para posteriormente inspeccionar otras investigaciones y los marcos que las orientan.

2.3 MUSEOS DE CIENCIA Y APRENDIZAJE ESCOLAR

En relación al aprendizaje escolar, los museos interactivos definen su rol como entidades o contextos de educación informal (Beckerman, Burbules y Silberman-Keller, 2006; Osborne y Dillon, 2007), instituciones de libre elección, (Falk y Dierking, 2000), o de educación fuera de la escuela. Estas definiciones apuntan a que la distinción entre el aprendizaje en contextos formales y no formales no es sencilla de establecer ya que no hay una línea divisoria clara y nítida que permita discernir entre lo que el alumno aprende dentro y fuera el aula. Concretamente se habla de un *continuo* desde lo más informal a lo formal, cuando experiencias como las visitas a museos y el uso de los medios de comunicación en la escuela se hallan ubicadas en distintos puntos en esta dimensión (Hoffstein y Rosenfeld, 1996). Así, por ejemplo, los estudiantes en las escuelas pueden experimentar actividades netamente didácticas desarrolladas en situaciones extraescolares. Por otro lado, algunos alumnos podrían "informalizar" el aprendizaje participando en actividades posteriores a la visita, que los mismos museos proveen a las escuelas (Anderson *et al.*, 2003; Anderson, Lucas, Ginns y Dierking, 2000; deWitt y Osborne, 2007).

Más allá de intentar establecer una división clara entre el aprendizaje en la escuela y fuera de ella, algunos investigadores han concentrado su atención no en dónde los estudiantes aprenden sino en cómo aprenden (Bamberger y Tal, 2007; Gilbert y Priest, 1997, Griffin, 1998, 2004). Se han identificado por ejemplo algunos indicadores de participación de alumnos en procesos de aprendizaje y su frecuencia durante la visita: 1) demostrar responsabilidad por o iniciar su propio aprendizaje, 2) participar activamente en su aprendizaje, 3) manipular con propósito objetos e ideas, 4) establecer conexiones, 5) compartir aprendizajes con pares y expertos, 6) demostrar confianza en la capacidad individual del aprendizaje y 7) responder a nueva información o evidencia de forma positiva (Griffin, 1998). Con respecto al aprendizaje de contenidos por parte de los alumnos, se buscan evidencias que justifiquen las visitas de los grupos escolares a los museos. En algunos casos la tendencia es a igualar educación y escuela y se acentúan los beneficios cognitivos (Sabatini, 2004). Sin embargo, se ha reconocido que es, en general, difícil documentar cambios en el aprendizaje conceptual profundo a raíz de una única visita a un museo (Allen, 2008). Distintas investigaciones centradas en visitantes, adultos y niños verifican la dificultad de resultados tajantes con respecto a los contenidos. Por ejemplo, en módulos en temas de óptica, Feher (1990) realizó un estudio pionero para mostrar cómo las concepciones de los niños afectaban su comprensión del fenómeno de la luz, utilizando el marco de los conocimientos previos para planificar y mejorar módulos de exhibición. En otro estudio, los visitantes tuvieron dificultad al contestar preguntas relativas al módulo de sombras de colores, si bien, al ofrecérseles la posibilidad de interpretar una explicación del fenómeno, mostraban determinado nivel de comprensión (Allen, 1997).

Algunos estudios indagan acerca de las ideas previas y modelos de los visitantes para identificar núcleos temáticos (Gilbert y Stocklmayer, 2001) alrededor de los cuales planificar exposiciones, por ejemplo, en temas de biología (Ash, 2003, 2007) o la fuerza de la gravedad (Borun, Massey y Lutter, 1993). Un grupo de investigadores de Brasil (Falcao *et al.*, 2004) aplicó el enfoque del aprendizaje a través de modelos para desarrollar una exposición en el museo de astronomía de Río de Janeiro. Se impartió un examen previo a 152 alumnos de 3er a 8vo grado y el

mismo examen dos meses después de la visita para evaluar el efecto de la exposición en los modelos mentales de los alumnos. Se identificaron distintos tipos de convergencia entre los modelos de instrucción (*teaching models*) y los modelos de los estudiantes. Algunos módulos de la exhibición presentaban un punto de vista analítico (dando un solo aspecto del fenómeno) y otros mostraban los fenómenos en su complejidad (punto de vista sintético). Los módulos analíticos promovieron grados menores de convergencia con los modelos científicos. Los autores concluyen que ambos enfoques son necesarios en una misma exhibición, ya que sin modelos sintéticos los visitantes no logran identificar la complejidad de los fenómenos; por otro lado, los modelos analíticos son convenientes para estudiar aspectos invisibles de los fenómenos. Surge la pregunta sobre si los alumnos desarrollaban conductas analíticas o sintéticas en su interacción frente al módulo además del aprendizaje de contenidos específicos. Surgen asimismo interrogantes acerca de cuáles son las condiciones que apoyan el aprendizaje de los alumnos en el marco de un museo y cómo definen los museos sus metas en relación al aprendizaje de las ciencias. ¿Se remiten únicamente a los contenidos aprendidos? Los objetivos de los museos interactivos pueden definirse como invitar al público a:

- Conocer y comprender fenómenos y principios de la ciencia. (Stocklmayer y Gilbert, 2001).
- Realizar investigaciones de efectos conocidos y desconocidos (Oppenheimer, 1968).
- apreciar y tomar conciencia del quehacer científico (Durant, 1992; Rennie y Stocklmayer, 2003).

En una publicación reciente de la comisión de educación científica - de los EE.UU. (NRC, 2009) se establecen seis productos deseados de las visitas a instituciones de educación científica informal (entre las que se incluyen los museos):

- 1) Experimentar entusiasmo, interés, y motivación para aprender acerca de los fenómenos del mundo natural y el mundo físico.
- 2) Llegar a generar, comprender, recordar y usar conceptos, explicaciones, argumentos, modelos y datos hechos relacionados con la ciencia.

- 3) Manipular, probar, explorar, predecir, cuestionar, observar y dar sentido del mundo natural y físico.
- 4) Reflexionar acerca de la ciencia como una manera de conocer; acerca de procesos, conceptos e instituciones de la ciencia y acerca de su propio proceso de aprendizaje acerca de los fenómenos.
- 5) Participar en actividades científicas y en prácticas científicas con otros, utilizando lenguaje y herramientas científicas.
- 6) Pensar acerca de si mismos como aprendices de ciencia y desarrollar su identidad como alguien que conoce acerca de la ciencia, la usa y en determinadas ocasiones contribuye a la ciencia.

Este informe, ampliamente difundido en el ámbito de los museos de ciencias, resume las investigaciones más importantes de los últimos años y define, de manera operativa, aspectos de la educación informal valiosos tanto para los museos como para las escuelas. Pero conforme a estos lineamientos es importante que los museos identifiquen los distintos medios a través de los cuales lograr estos objetivos ya que solo algunos se logran en la interacción con los módulos y que los maestros puedan apoyar el aprendizaje de sus alumnos antes, durante y después de las visitas para utilizar las oportunidades que brinda el museo (Guisasola y Morentin, 2005; Guisasola, *et al.*, 2005).

2.4 ESTUDIOS DE PÚBLICO Y EVALUACIÓN DE EXPOSICIONES

La investigación en los museos no se orienta exclusivamente hacia el público escolar y la investigación educativa, sino que se extiende a la reflexión teórica en temas de alfabetización científica y práctica museográfica. Por ejemplo, algunos estudios de público registran el impacto de las exposiciones (Asensio y Pol, 2002, 2005; Bicknel y Farmelo, 1993; Bitgood, Serrel y Thompson 1994; Serrell, 2006; Screven, 1990, 1993) de temas diversos. Otros estudios atienden a establecer patrones de visita y motivaciones para visitar museos en general, (Falk, Moussouri y Coulson, 1998) y se realizan asimismo estudios con "no visitantes" (Getty Center for Education in the Arts, 1991) con el objeto de identificar estrategias para ampliar el público y

atender a necesidades de comunidades y minorías. Muchos trabajos examinan el comportamiento de los visitantes durante la visita: por ejemplo, una visita promedio tiene una duración de dos horas (Falk, 1982, 1983; Sandifer, 1997); el 57% de las interacciones con los módulos es de por lo menos 1 minuto y solo el 18% de dichas interacciones sobrepasa los 3 minutos (Diamond, 1986). Los estudios de recorridos registran las paradas y rutinas de desplazamiento en el espacio (Gordon, 1982; Verón, 1991), la atracción de módulos específicos y su poder de comunicar efectivamente (Boisvert y Slez, 1994), y el uso de los carteles (Asensio y Pol, 2002; McManus, 1989; Serrell, 1996). Se investiga también la influencia de la división del espacio en la comunicación de los mensajes (Allen, 2003; Falk, 1997).

Asimismo, se intenta investigar el impacto de la visita a los museos a largo plazo, indagándose el lugar de los recuerdos de la experiencia a lo largo del tiempo. La mayoría de estos estudios se realizan semanas o meses después de la visita (Adelman, Falk, y James, 2000; Anderson, *et al.*, 2000; Falk y Storksdieck, 2005). Los efectos se debilitan con el tiempo y el recuerdo de los módulos pasa a ser episódico y de carácter superficial (Afonso y Gilbert, 2006). En el caso de que la visita al museo se vea reforzada por experiencias posteriores los efectos se mantienen. En todo caso, la mayoría de los indicadores de aprendizaje tienden a ser más altos inmediatamente después de la experiencia en el museo (Anderson, Storksdieck y Spock, 2007), siendo los recuerdos de los visitantes contextuales después de un año (Falk y Dierking, 1997): los visitantes olvidan los detalles del contenido pero recuerdan aquellos detalles que se relacionan con sus biografías y sus agendas personales. Los tres factores que parecen influir en la conformación de recuerdos episódicos y autobiográficos se relacionan con la emoción relativa a la experiencia en el museo, la manera en que la visita respondió a la agenda del visitante y la activación posterior de los recuerdos. (Anderson y Shimizu, 2007). Los trabajos mencionados reconocen el impacto de los museos de ciencia en los visitantes y marcan también que no son las visitas aisladas las que provocan los efectos sino la confluencia de varias experiencias entre las que se encuentra la visita al museo. Con estos lineamientos en mente, revisamos ahora los marcos teóricos utilizados en estas investigaciones.

Muchos estudios de público se basan en el **modelo contextual del aprendizaje** (Falk y Dierking, 1992, 2000; Rennie y McClafferty, 1996). Otros investigadores utilizan **teorías constructivistas** para definir el aprendizaje en los museos y para analizar la actividad de los visitantes con los módulos (Gelman, Massey y McManus, 1991; Hein, 1992). Por último, algunos investigadores se apoyan en las **teorías socio-constructivistas** y etnográficas para definir los procesos de colaboración entre los visitantes (Leinhardt y Crowley, 1998; Leinhardt, Knutson y Crowley, 2002; Schauble, Leinhardt y Martin, 1997). Pasamos a hacer ahora una revista de los principales postulados de cada teoría, a registrar estudios basados en ellas y mencionar algunas de las limitaciones de cada enfoque.

2.4.1 Modelo contextual del aprendizaje

Una de las teorías influyentes en el marco de los museos es el modelo contextual de la visita a un museo (Falk y Dierking, 1992, 2000; Falk y Storksdieck, 2005, Falk, 2009). Según este modelo, la experiencia de la visita distingue tres contextos de interacción. El primer contexto es el personal relacionado con las expectativas del visitante y las motivaciones de las visitas. Se señala la importancia del conocimiento previo, los intereses y las creencias, el estilo personal, la posibilidad de control sobre la experiencia y las posibilidades de elección que brinda el museo. El segundo contexto es el social en el que se producen las interacciones con otros visitantes y con los trabajadores del museo, examinándose de qué manera se desarrollan estas interacciones, y cómo apoyan o entran en conflicto con las iniciativas del visitante. El tercer aspecto se relaciona con el contexto físico: por ejemplo, la complejidad y riqueza de los ambientes diseñados, la orientación en el espacio y la organización de la muestra. Los elementos del contexto físico influyen directamente en el visitante: en su capacidad de concentración o distracción, la motivación para aprender y en el efecto afectivo, positivo o negativo de la visita. (Maxwell y Evans, 2002). A los tres contextos enumerados, se suman las experiencias fuera del museo que como ya hemos mencionado al hablar de los recuerdos de la visita, refuerzan el aprendizaje. Este enfoque propone un modelo dinámico al concebir a la visita como una experiencia que opera sobre los ámbitos cognitivo, afectivo y social. Esta definición de la experiencia es suficientemente amplia (quizás demasiado

abarcadora) para englobar los distintos aspectos del aprendizaje en museos. Bajo esta perspectiva se han establecido distintas agendas de investigación con el objeto de recabar evidencias que sustenten y profundicen el marco conceptual (Falk y Dierking, 1995; Rennie y Johnson, 2004), particularmente en el aprendizaje visto como un proceso personal, contextualizado y desarrollado a lo largo del tiempo.

Un ejemplo de los trabajos llevados a cabo en esta línea, Falk y Dierking (2000), se realizó con visitantes del *Smithsonian's National Museum of Natural History*, inmediatamente después de la visita: la mayoría de los visitantes entrevistados en este estudio obtuvo conocimientos nuevos o reforzó conocimientos previos. La permanencia del aprendizaje posterior a la visita se registró en un estudio del impacto de la exposición a largo plazo (cinco meses más tarde). En este periodo se habían construido conocimientos adicionales a la experiencia en el museo lo que llevó a definir al tiempo como el cuarto elemento del modelo, dado su influencia en el aprendizaje en museos. En otro estudio, Falk y Adelman (2003) estudiaron los cambios de actitudes y del aprendizaje de conocimientos en temas de biología (conservación). Si bien el análisis reveló que hubo cambios significativos para la mayoría de los visitantes, un análisis posterior que agrupaba a los visitantes en categorías interés o nivel de conocimientos indicó que los cambios no eran similares para todos los visitantes. Por ejemplo, personas que manifestaron alto interés demostraron ganancias significativas con respecto a temas de conservación. Personas con mínimo o moderado interés manifestaron preocupación en temas de conservación. Por último, personas con altos conocimientos mostraron cambios menores en ambas medidas.

2.4.2 La teoría constructivista del aprendizaje en museos

Si bien el modelo contextual del aprendizaje discutido en el apartado anterior engloba los factores personales como el interés y el conocimiento previo, la teoría constructivista aplicada a los museos hace referencias específicas a la organización de los museos y en la planificación de exposiciones y su efecto en el aprendizaje de las personas. Mencionamos anteriormente que el desarrollo de los museos interactivos se vio apoyado por las pedagogías constructivistas en las que los visitantes participan

activamente en la construcción de su propio conocimiento. Sin hacer una exposición detallada del constructivismo, los postulados de esta teoría se basan en que el aprendizaje de nuevos contenidos se funda en conocimientos previos; de esta manera, las personas son constructoras y reconstructoras de significado. George E. Hein (1998, 2000) basándose en el constructivismo, ha reflexionado a propósito de la didáctica de los museos en relación a la teoría del conocimiento y las concepciones acerca del aprendizaje y la práctica educativa. Hein (1998, 2000) relaciona las teorías educativas que subyacen a la organización de los museos con las teorías del conocimiento (epistemología) y los enfoques acerca de la adquisición de dicho conocimiento. La dimensión epistemológica se extiende de la concepción realista a la concepción idealista. Por otro lado, la dimensión del aprendizaje marca el continuo de teorías pasivas por parte del alumno a teorías más activas. Estas dos dimensiones pueden relacionarse para configurar un diagrama que describa cuatro posibles combinaciones entre la epistemología y la teoría del aprendizaje en los museos (*figura 2.1*). En esta figura cada uno de los cuadrantes representa un enfoque educativo y el tipo de museo basado en dicho enfoque.

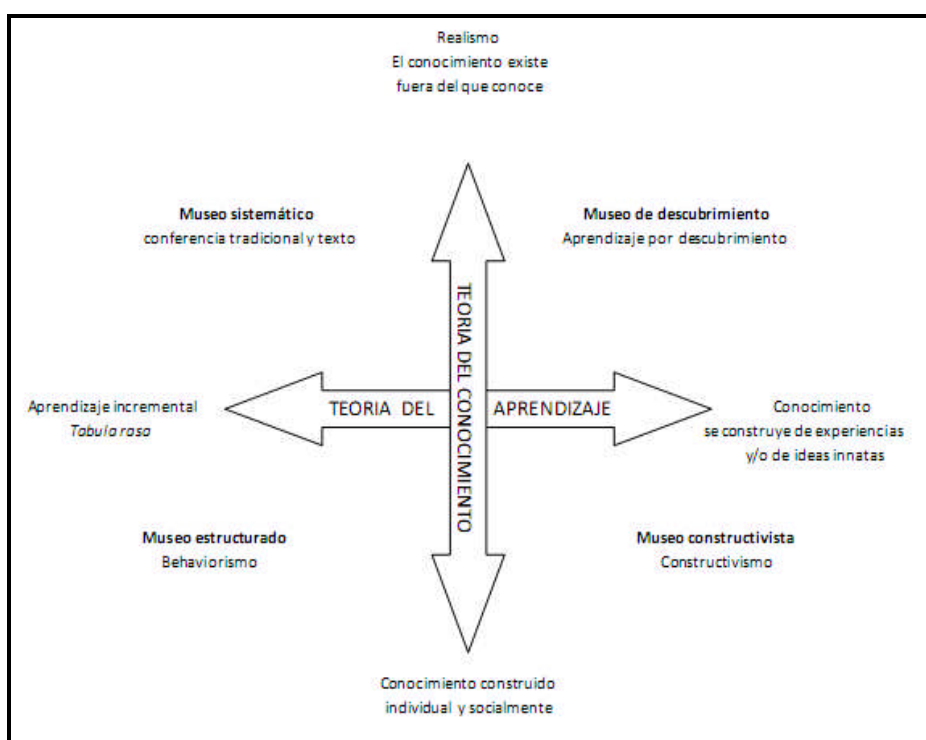


Figura 2.1 Cuatro posibles combinaciones entre teorías del conocimiento y teoría del aprendizaje en los museos (Hein, 1998).

Enfoque tradicional: Este enfoque es representado por "lecciones magistrales" y explicaciones del profesor, auxiliado por el libro de texto. Los objetos en un museo basado en este enfoque estarán organizados de manera secuencial, según su taxonomía sin tener en consideración al visitante, ni sus posibles interpretaciones y explicaciones alternativas. Los museos de la segunda generación estarían ubicados en este enfoque. El museo sistemático, representado en el cuadrante superior izquierdo se basa en que:

- el contenido del museo debe ser expuesto de manera que refleje la verdadera estructura de la materia u objeto de exposición,
- el contenido del museo debe ser presentado al visitante de la manera que haga más fácil su comprensión.

Conductismo: Basado en el estímulo y la respuesta, el conductismo propone una concepción de instrucción idealista, basada en el entrenamiento. El museo derivado de esta teoría del aprendizaje, utiliza una exposición didáctica, secuencial, con una estructura clara. Asimismo, se utilizan elementos de refuerzo, para potenciar la relación entre los estímulos y las respuestas. Algunas de las investigaciones de museos relativas a la influencia del contexto físico (la iluminación, la división del espacio y el ruido) ofrecerían elementos para apoyar el aprendizaje desde esta perspectiva.

Aprendizaje por descubrimiento: Esta postura suscribe las mismas creencias positivistas acerca del conocimiento que la anterior, pero adopta un punto de vista muy diferente sobre cómo se adquiere el conocimiento. Las personas que construyen activamente los conocimientos, llegan a comprender los conceptos mientras construyen interpretaciones personales. Asimismo, también pueden producirse errores conceptuales por parte del visitante. En lugar de organizar la materia de lo más simple a lo más complejo, el profesor la organiza de manera que pueda ser "experimentada" y que, mediante la experimentación, los errores conceptuales puedan ser reemplazados por ideas correctas. Un museo de este tipo es un museo activo que permite la acumulación de las experiencias. Muchos museos para niños o museos interactivos con fenómenos aislados podrían ser ubicados dentro de esta categoría.

El constructivismo se halla representado en el cuadrante inferior derecho. Este enfoque afirma que tanto el conocimiento en sí como la manera en que se aprende dependen de la mente del aprendiz. Este punto de vista, basado tanto en la epistemología idealista como en la psicología del desarrollo, apoyado por recientes investigaciones en psicología cognitiva, defiende que el alumno o aprendiz construye el conocimiento mientras aprende y que no se limita simplemente a añadir contenidos y nuevos hechos a lo que ya sabe sino que reorganiza y crea constantemente la comprensión y la habilidad para aprender mientras interactúa con el mundo. Los diseñadores del museo constructivista señalarían que: a) el espectador construye su conocimiento personal a partir de la exhibición, y que b) el proceso de adquisición del conocimiento es en sí mismo un acto constructivo (Hein, 1993). Las exhibiciones dentro de un museo constructivista no deben tener puntos fijos de entrada y salida: de esta manera permiten a los visitantes establecer sus propias relaciones con el material expuesto, estimulando caminos diversos para el aprendizaje. Según la teoría constructivista, el aprendizaje depende en alto grado de las actitudes y experiencias pasadas que el visitante trae al museo. Cada exhibidor puede explicitar un aspecto determinado, pero puede ser comprendido de diversas maneras. Los visitantes interactúan con módulos diferentes y por lo tanto establecen distintas conexiones acerca de una misma exposición.

Varios investigadores toman como referencia teorías de aprendizaje basadas en el constructivismo en el ámbito de un museo (Anderson *et al.*, 2003; Humphrey y Gutwill, 2005). La investigación desde este marco teórico se basa en la influencia del conocimiento y las experiencias anteriores en el aprendizaje (Roschelle, 1995) y se señala que el conocimiento previo puede distorsionar el aprendizaje del material expuesto.

Mencionábamos antes la dificultad de documentar cambios en el aprendizaje conceptual profundo a raíz de una única visita a un museo (Allen, 2008) y la manera en que experiencias posteriores modifican los recuerdos de la visita al museo (Anderson, Storksdieck y Spock, 2007). Una investigación en la línea constructivista rastrea el aprendizaje de alumnos de séptimo grado como consecuencia de una visita al museo, actividades posteriores en la escuela en temas relacionados y otras

experiencias que los niños vivieron fuera de la escuela. Comparando los mapas conceptuales procedentes de la entrevista previa y de la actividad posterior, se observó que el aprendizaje aumentó en algunos casos mientras que en otros el cambio fue más sustancial. Específicamente, se detectaron cambios en siete categorías: (Anderson, Lucas y Ginns, 2003):

1. Adición de nuevos conceptos - Se observaron aspectos nuevos que aparecían en el conocimiento de los alumnos por ampliación de los ya existentes.
2. Emergencia de conceptos existentes no revelados en una fase anterior, y que se habían recuperado de la memoria como consecuencia de experiencias posteriores - Conocimientos que habían estado almacenados previamente en la memoria pero no se habían manifestado explícitamente.
3. Diferenciación progresiva de conceptos identificados en una fase anterior - El conocimiento resultante en estos casos provino de una clarificación y separación gradual de conceptos.
4. Disociación o abandono de conceptos identificados en una fase anterior - Los conocimientos de los estudiantes evolucionaban en el sentido de superar asociaciones intuitivas entre conceptos (relacionándose esta característica con la anterior (D. Anderson, comunicación personal, 29.4.2009).
5. Recontextualización de conceptos que se mantenían previamente, pero que adquieren un nuevo significado a la luz de las actividades posteriores a la visita - El cambio de contexto originaba una modificación del conocimiento del estudiante con respecto al previamente identificado, pero sin que esto implicase una clarificación de significados.
6. Unión de concepciones previamente diferentes - Los alumnos lograban integrar concepciones inicialmente diferenciadas al explicar un nuevo fenómeno.
7. Desarrollo de teorías personales manifestadas en forma de conocimiento contextual- En aquellos casos, los alumnos daban señales de desarrollar teorías personales elaboradas como respuesta a sus experiencias en el centro de ciencias, en las actividades o en cualquier otro lugar (retomaremos esta línea de análisis en el capítulo 3 al hablar del aprendizaje de las ciencias y el cambio conceptual).

La teoría constructivista aplicada a los museos toma en cuenta al individuo y su aprendizaje y a dado lugar a un crecido interés por la construcción de significados por parte del visitante. Sin embargo encontramos dos limitaciones fundamentales a

esta teoría: 1) los lineamientos para el diseño no son suficientemente claros y 2) el aspecto social de la visita, queda relegado. En el próximo apartado registraremos la teoría de construcción social que en los últimos años ha guiado numerosas investigaciones en museos, refiriéndose al aprendizaje como construcción social del significado de las personas con su entorno.

2.4.3 Socio- constructivismo en museos

La línea de investigación en museos basada en premisas socio culturales (Schauble, Leinhardt y Martin, 1997; Rennie y Johnston, 2004) coloca el acento en el aprendizaje situado y contextualizado. Ya hemos mencionado el aspecto social de la visita en el modelo contextual del aprendizaje. La diferencia radica en la definición del aprendizaje en este enfoque que presta atención especial a las conversaciones como producto y proceso de la interacción (Crowley y Leinhardt, 1998; Leinhardt y Knutson, 2004; Leinhardt, Knutson y Crowley, 2002). Los investigadores de esta línea resaltan la interacción de las personas entre si y con las herramientas culturales; en el ámbito de los museos se distingue el contexto y la actividad compartida (Martin y Tonn, 2003). Muchas investigaciones de familias en museos se realizan en base a este marco teórico (Callanan y Crowley, 2001; Paris, 2002). Dada la relevancia de este enfoque para el trabajo de padres y niños en museos dedicaremos a esta teoría una revisión más exhaustiva.

Al hablar de la teoría socio cultural, se realza el papel que cumple la cultura en el desarrollo de las funciones mentales de los seres humanos (Vygotsky, 1978). Los seres humanos, poseemos al nacer, funciones mentales elementales que luego sufren cambios debido al entorno cultural. Las funciones mentales superiores son construidas paulatinamente mediante la apropiación de herramientas y prácticas desarrolladas históricamente puestas de manifiesto por los niños y andamiadas en las acciones significativas y en el lenguaje de los co-participantes de la actividad conjunta. Los significados son transmitidos socialmente, y usando palabras gestos y acciones se hacen públicas las actividades mentales implicadas, pudiendo otros hacer uso de ellas. Vygotsky (1981) sostiene que las funciones mentales superiores ocurren en dos planos, primero en la actividad entre personas y segundo en el aprendiz individual,

unidos por la mediación semiótica. En el marco de los museos se destaca la utilización del lenguaje a través de las conversaciones en contextos culturalmente potentes. El aprendizaje en un museo es definido desde el punto de vista socio cultural como reflejado en los distintos tipos de discurso y de la actividad desarrollada en los grupos: identificar, teorizar, predecir, reconocer patrones (estructuras), controlar ideas y explicar observaciones. Es en estas actividades donde los grupos construyen ideas científicas y aprenden a participar en actividades relacionadas con la ciencia (Atchins et al., 2009)

Los museos poseen artefactos. La teoría socio cultural estudia también el lugar y el uso de los artefactos en los distintos contextos. Por ejemplo, según Cole (1996) es posible marcar que los artefactos son parte constituyente fundamental de la cultura. Los artefactos son simultáneamente ideales y materiales y coordinan a los seres humanos con el mundo y entre sí de una manera que combina las propiedades de las herramientas y de los símbolos. Para funcionar como mediadores de la actividad, los artefactos deben tener alguna forma de encarnación material así como un significado simbólico adecuado a la situación. La forma en que estos artefactos se usan depende de la experiencia pasada de los participantes con las prácticas en las que esos artefactos se usan para mediar en el contexto de determinada actividad y del contexto (actividad, práctica, situación, medio).

Debido a que lo que nosotros llamamos mente trabaja por medio de artefactos, no puede estar limitada sin restricciones a la cabeza o incluso al cuerpo, sino que se debe considerar que está distribuida en artefactos que están entrelazados y que entrelazan acciones humanas individuales de común acuerdo con y como parte de acontecimientos permeables cambiantes de la vida. (Cole, 1996, p. 130 traducción castellana).

A través de la mediación cultural, las actividades de generaciones se acumulan en el presente como la parte específicamente humana del ambiente (Cole, 1996), en nuestro caso el museo. Entre las herramientas culturales identificamos aquellas que son fundamentales para el desarrollo de la ciencia. Estas herramientas organizan la información y facilitan la toma de decisiones (e.g.: los sistemas de clasificación en ciencias naturales, palabras que designan conceptos. El proceso científico es en sí

mismo un producto de la cultura: es posible afirmar que si bien dicho proceso no siempre sigue esos pasos cronológicamente, los científicos los reordenan a la hora de comunicarlo a otros y para organizarlos en el formato cultural aceptado (Rogoff, 2003). La construcción del conocimiento científico se constituye a través de un diálogo con otros, con las ideas que aparecen en los libros y con otras voces internalizadas. Nuestras ciencias son el producto de la escritura alfabética y luego de la imprenta (Olson, 1994). En la teoría sociocultural se establece una diferencia entre las herramientas (objetos materiales fabricados por los seres humanos) y los artefactos (aspectos del mundo material que se han modificado durante la historia de su incorporación a la acción humana dirigida a metas) (Cole, 1996). Artefactos como libros, ordenadores, lenguajes, martillos y módulos interactivos en un museo, son esencialmente objetos históricos y sociales, que se transforman con las ideas de los diseñadores y de los usuarios. Estos artefactos amplían y restringen las posibilidades de la actividad humana y son representativos de las soluciones que anteriormente propusieron otras personas. (Rogoff, 2003).

El estudio del desarrollo cognitivo desde la perspectiva sociocultural presta atención al rol de la participación activa de las personas en actividades. La cognición se desarrolla a medida que las personas aprenden a usar las herramientas culturales para pensar con la ayuda de otras personas más experimentadas en su uso. Las herramientas pueden funcionar para los niños como instrumento mediador, dándole al niño una nueva “inteligencia”, ya que cambios mentales se producen como consecuencia de la adquisición de nuevas herramientas. (Wretch, 1998). Vygotsky (1978) formuló el concepto de zona de desarrollo próximo para definir la distancia entre el nivel de desarrollo actual en el que se halla el niño (el nivel en el que puede solucionar problemas independientemente) y el nivel de desarrollo potencial, determinado por la solución de problemas dirigida por un adulto o en colaboración con iguales más competentes. El desarrollo cognitivo entonces es visto como el cambio en las maneras de comprender, pensar, percibir, recordar clasificar reflexionar y de solucionar problemas en actividades compartidas con otros y basadas en prácticas y tradiciones sociales (Rogoff, 2003). El desarrollo cognitivo consiste en llegar a descubrir entender y manejar problemas concretos ampliando los conocimientos heredados de las generaciones anteriores y los recursos sociales que

proporcionan otras personas. Así a partir del principio de descontextualización de los instrumentos de mediación, el significado de los signos se vuelve cada vez menos dependiente del contexto espacio-temporal en el que son usados (Wertsch, 1985).

Como mencionamos anteriormente, el pensamiento se distribuye entre las herramientas culturales y las personas que las usan. Las herramientas culturales pueden ser un vehículo para la comunicación y para la colaboración en el pensamiento, permitiendo a los participantes en una discusión intercambiar representaciones e información con otros ausentes. La cognición entonces no es definida como la adquisición de conocimiento y habilidades sino como la participación y los cambios que se producen en la participación en una determinada actividad, en miras a la participación en futuras actividades (Rogoff, 2003). La *participación guiada* sugiere que tanto la guía como la participación en las actividades culturalmente valiosas son esenciales para considerar al niño como un aprendiz de pensamiento. La guía puede ser implícita o explícita, y el tipo de participación varía. La participación guiada vincula al niño y a sus cuidadores en dos tipos de colaboración: a) la construcción de puentes desde el nivel de comprensión y destreza que el niño muestra en un momento dado, para alcanzar otros nuevos, b) la estructuración y la participación infantil en determinadas actividades, incluyendo cambios en la responsabilidad que el niño asume durante el desarrollo. Los niños utilizan como guía los recursos sociales – tanto el apoyo como los retos que les plantean los otros – al desempeñar papeles cada vez más especializados en las actividades de su comunidad. Según esta teoría, se afirma que con el apoyo del adulto, el niño hace uso de la referencia social y a partir de la atención conjunta, obtiene medios cada vez más avanzados para recoger información de las interpretaciones adultas de las situaciones nuevas. Asimismo, los compañeros de la actividad, sean adultos o pares, comparten centros de atención, aportando un terreno común a partir del cual comentar los acontecimientos (Rogoff, 1990) a partir de las circunstancias que envuelven la construcción de descripciones verbales del conocimiento (Lave, 1988). Tanto la cognición como el desarrollo han de ser estudiados teniendo en cuenta las peculiaridades de las metas que se buscan y de las circunstancias e instrumentos a los que las personas pueden acceder ya que estas peculiaridades son la sustancia del pensamiento y del desarrollo. El cuadro resultante es una peculiaridad entre la meta y

la actividad que se orienta a lograr dicha meta. Los cuidadores transforman, de forma contingente, los esfuerzos del niño para comunicarse, la atención compartida y la discusión acerca de lo que ha llamado la atención de los niños. Si bien estos conceptos se originaron en el estudio de poblaciones indígenas, que no tenían contacto con instituciones escolares, han sido ampliadas a las interacciones informales de padres y niños y a situaciones de aprendizaje en museos (Callanan, *et al.*, 2007).

Wells (2004) amplía el concepto de mediación que puede ser aplicado a marcos formales e informales. Distintas formas de mediación revelan los roles adoptados por los adultos (en algunos casos el maestro), los niños y los artefactos culturales.

- La ayuda es proporcionada por el maestro sin intenciones didácticas, solo intenciones prácticas de la efectiva ejecución de la tarea.
- Socialización en actividades domésticas en las cuales los niños aprenden mirando y escuchando. (aprendizaje no como actividad en sí misma sino como participación periférica).
- Educación formal, en la que el aprendizaje es el único objeto de la actividad.
- Mediación en ausencia de otra persona donde solo están presentes las herramientas culturales.
- Situaciones en las que nadie es experto y cada uno aporta de su experiencia para la resolución de un problema común.

Las capacidades de manejar objetos culturales, se desarrollan no solo en la escuela sino en la interacción familiar en la vida cotidiana, en una visita a un museo (Crowley y Galco, 2001; Paris y Hapgood, 2002; Rowe, 2002). Mencionamos a continuación una investigación cuyo objetivo fue identificar las interacciones de padres y niños con objetos culturales y comprender mejor los procesos a través de los cuales los niños aprenden a trabajar objetos simbólicos (Callanan, Jipson y Soennichsen, 2002). (En el apartado siguiente haremos una reseña más extensa del aprendizaje familiar y las investigaciones de padres y niños en museos.) El estudio, realizado en el museo de niños de San José indagaba las conversaciones de padres y niños acerca de objetos representacionales. Las investigadoras analizaron las

conversaciones de 126 padres, con hijos de hasta 4 años de edad, frente a módulos con globos, mapas o video. Padres y niños de 3 y 4 años interactuaron con modelos como globos, mapas y videos en un museo. Los padres apoyaban la utilización de los objetos representacionales con gestos y palabras como si los niños comprendieran la función representacional de los objetos, mencionando los objetos representacionales directamente en algunos casos sin referencias específicas. Particularmente, los padres hablaban de los objetos representacionales (la fotografía del padre) como si fuera el referente (**Ahí está papá**). Los padres tienen tendencia a hablar de características específicas del referente al hablar del objeto representacional y raramente explicitaban la relación representacional entre el objeto real y su representación. El grado de atención conjunta (Tomasello *et al.*, 2005) dependía de la estrategia utilizada: la referencia específica tenía el mayor grado de atención conjunta. Este trabajo apunta a la naturaleza de la interacción social a través de la cual los niños entran en contacto con objetos representacionales y sugiere que los padres pueden ayudar a los niños a entender la doble naturaleza (DeLoache, 2000) de estos objetos, refiriéndose a ellos como objetos y como símbolos. Los resultados señalan que la exhibición y el diseño de los programas pueden explícitamente mostrar las funciones de los objetos representacionales ya que si no, los niños pueden confundirse al relacionarse con ellos (Callanan, Jipson y Soenninchen, 2002).

Investigaciones recientes en el ámbito de los museos de ciencia muestran una nueva perspectiva que pone el acento en los aspectos etnográficos de la interacción con módulos interactivos (Heath y vom Lehn, 2003) y sostiene que el término interactivos incluye una amplia gama de herramientas, tecnologías y artefactos y que cada una de estas herramientas proveen distintas maneras de colaboración entre los visitantes. Asimismo el objeto de estudio es la interacción entre las personas por medio del artefacto y no solo de las personas con los artefactos (vom Lehn, Heath y Hindmarsh, 2001) y se investigan conductas, gestos y conversaciones frente a los módulos de exhibición. Volveremos sobre estos aspectos de los módulos en el capítulo 4.

Después de haber reseñado los marcos teóricos de la investigación en museos, el modelo contextual del aprendizaje, el constructivismo en los museos y el socio-

constructivismo, pasamos a reseñar específicamente investigaciones de padres y niños en museos, el sujeto de nuestra investigación.

2.5 APRENDIZAJE FAMILIAR EN MUSEOS

Desde ya hace más de veinte años las familias han sido objeto de estudio en los museos, sea por el alto porcentaje de familias que visitan museos, que llega a más del 50 % (Falk y Dierking, 2000) o por el reconocimiento de la importancia de aprendizaje en familia en y a partir de los museos (Falk y Dierking, 1992; McManus, 1987; Rosenfeld, 1980). Las investigaciones realizadas reconocen a la familia como sistema de creencias valores y experiencias compartidas (Borun *et al.*, 1998). En los distintos estudios se investigan las acciones y los patrones de interacción, en los contextos del museo. La mayoría de las interacciones de los miembros de una familia tienen como objeto adquirir o intercambiar información, a través de interactuar con la exposición (Ellenbogen, Luke y Dierking, 2004). La mayor parte de las primeras investigaciones realizadas fueron descriptivas, se analizaban por ejemplo, los motivos de los padres para visitar distintos tipos de museos identificándose motivaciones de aprendizaje o de esparcimiento (Falk y Dierking, 1992, Moussouri, 2003). En estos estudios se realizaban entrevistas y observaciones para identificar los roles que los adultos tomaban durante la visita y el lugar de la dinámica familiar en la regulación de las conductas (Rosenfeld, 1980, McManus, 1988). En la actualidad, las familias siguen siendo objeto de estudio. Al considerar el corpus de evidencias recopiladas, se puede identificar una naciente disciplina (Ellenbogen, Luke y Dierking, 2004) de estudio que cuenta con –

- Perspectivas teóricas y un lenguaje compartido de valores creencias y entendimientos compartidos entre los investigadores del campo.
- Metodologías diseñadas a partir de supuestos sobre cómo debe ser llevada la investigación en este área – qué preguntas es lícito preguntar, cuáles son los criterios de validez y fiabilidad

- Un renovado reconocimiento de la familia como foco de estudio. La familia pasa a ser una institución educativa, y los museos son una de las herramientas de enculturación que la familia usa para establecer y negociar su identidad.

El marco teórico para la investigación de la familia en el museo ha sido principalmente el socio-cultural, que ve al aprendizaje en y a partir de los museos como social y culturalmente construido, a través de la acción de las personas dentro de una comunidad de práctica, como ya hemos referido al hablar por ejemplo de la participación guiada. Las conversaciones son según esta perspectiva el medio a través de las cuales se constituye la identidad dentro de la comunidad (Allen, 2002, Benlloch, Williams, 1998; Leinhardt y Crowley, 1998; Leinhardt y Knutson, 2004). Este marco teórico incluye a los significados compartidos, los procesos, artefactos, símbolos e identidades construidos a partir de la actuación dentro de dichas comunidades.

2.5.1 Definición de aprendizaje familiar

La familia es vista como una institución de aprendizaje que usa la infraestructura del museo al servicio de la creación y el afianzamiento de su identidad. (Ellenbogen, Luke, Dierking, 2004). Al definir aprendizaje familiar se incluyen no solo los contenidos de dicho aprendizaje sino también la posibilidad de los miembros de la familia para comunicarse unos con otros, aprender elementos nuevos sobre los miembros de la familia, junto con un nuevo sentido de responsabilidad. Los museos son algunos de los lugares donde este aprendizaje familiar ocurre, funcionando como contexto y contenido de este aprendizaje.

Un estudio completo, de gran envergadura e influencia es el estudio de Borun y sus colegas (1996, 1998) sobre el aprendizaje familiar. Este estudio fue realizado simultáneamente en cuatro museos de Filadelfia (*The Franklin Institute, the Academy of Natural Sciences, the Philadelphia Zoo, New Jersey Academy for Aquatic Sciences*). Estas cuatro instituciones conformaron el PISEC (*Philadelphia/Camden Informal Science Education Collaborative*) con el objeto de identificar y medir el aprendizaje familiar en el marco de un museo. La familia fue tomada como unidad de

análisis y definida como un grupo multi-generacional con por lo menos un adulto (mayor de 19 años) y un niño entre 5 y 10 años. 129 familias participaron en el estudio en el que se investigaron las conductas y conversaciones familiares y las características de los de los módulos que facilitarían el aprendizaje familiar. Se registraron en video y audio las interacciones familiares y las conversaciones junto a módulos elegidos previamente según su atracción para grupos familiares y la facilidad de observar las conductas junto a los módulos. Al concluir la interacción con el módulo, los investigadores se acercaban a las familias para realizar una corta entrevista, con las siguientes preguntas, siendo el miembro más pequeño de la familia invitado a contestar primero: ¿Qué os parece que trata de mostrar este módulo? ¿Qué se les ha ocurrido al ver este módulo? A partir de las primeras observaciones, y del análisis de las conversaciones se establecieron categorías que indicaban tres niveles de aprendizaje familiar:

Identificar - Frases de una palabra, pocas asociaciones con el contenido presentado, conexiones que ignoran el sentido del módulo.

Describir - Frases de varias palabras, conexiones correctas con características visibles del módulo, conexiones a la experiencia personal (no a conceptos)

Interpretar y aplicar - Frases de varias palabras, conexiones correctas con los conceptos subyacentes al módulo, conexiones entre conceptos y experiencias personales.

Los resultados del análisis de conversaciones e interacciones mostraron que la mayoría de las familias se hallaban en los niveles 1 y 2. Se pudo establecer una correlación entre los niveles de aprendizaje y las conductas observadas, constituyendo así unos indicadores de actuación para el aprendizaje - hacer preguntas, contestar preguntas, hacer comentarios (incluyendo dar instrucciones para manejar los módulos), leer los carteles en voz alta, leer en voz baja. Las categorías demográficas no influyeron en el aprendizaje, mientras el tiempo junto a los módulos se relacionó con el nivel de aprendizaje. Las categorías de identificar y describir además de identificar al objeto y al fenómeno, sirven para construir la identidad familiar y para ser usadas en interacciones futuras, lo que fue denominado como aprendizaje potencial. En la tercera y última fase del estudio se compararon los niveles de aprendizaje de familias frente a los módulos originales y módulos rediseñados según

las siete categorías establecidas (ver apartado 2.6) notándose un incremento en las conductas indicadoras de aprendizaje (de una media de 14 indicadores por familia a una media de 25 indicadores).

2.5.2 Apoyo de los padres al desarrollo del pensamiento científico de los niños

Kevin Crowley y Maureen Callanan, de las universidades de Pittsburg y de Santa Cruz respectivamente, se han concentrado en las investigaciones con padres y niños en los museos. Esta línea de investigación busca por un lado identificar evidencias del apoyo de los padres al pensamiento científico, poniendo el acento en el análisis de las conversaciones entre padres y niños. Por ejemplo, el museo de niños de San José pidió una colaboración de los investigadores acerca del uso de dos módulos con contenidos científicos (Crowley y Callanan, 1998). La investigación se realizó en el museo en fines de semana; a la entrada del museo los investigadores pedían el consentimiento de los padres, que llenaban un cuestionario y recibían una etiqueta con la edad del niño o la niña. Las cámaras de video se encendían cuando alguno de estos niños se acercaba al módulo (46 niños visitaron el *Zootropo* sin los padres y 52 niños con los padres). El *Zootropo* constaba de un cilindro con ranuras que podía ser girado por los visitantes. A través de las ranuras se podía observar una serie de cuadros de una animación de un caballo galopando. Los resultados del análisis de las conductas y las verbalizaciones indican que los niños que visitaron el módulo con los padres se quedaron más tiempo e investigaron más propiedades del módulo. Los niños que visitaban el módulo sin la compañía de un adulto no miraban a través de las ranuras y, por lo tanto, no percibían la animación sino una imagen borrada. Algunos padres explicaban a sus hijos algunas características del módulo: estos niños hablaban sobre el módulo un 50% más que los otros niños. Otro módulo investigado fue el de la *Configuración del cerebro*. El módulo no cumplía con los objetivos propuestos por el museo por lo que se realizó una evaluación para indicar los cambios necesarios para mejorarlo. Los resultados del análisis de la observación de 93 díadas de padres e hijos revelaron que, al estar los padres separados de los niños por una mampara opaca, los padres no podían ver a sus hijos y, al no verlos, adoptaban roles que entraban en conflicto con el objetivo del módulo. Así, al entrar los niños en un espacio en el que debían esperar unos segundos para ver la imagen de su cerebro (proyectada sobre la

filmación de su imagen), los padres, que ignoraban las acciones de los niños, los instaban a salir del módulo y ver la imagen en el monitor externo. El módulo fue rediseñado para permitir a los padres interactuar con los hijos y no perder el contacto visual con ellos. La versión rediseñada del módulo fue activada por 205 adultos y 105 niños. La mayoría de los niños se quedaban ahora el tiempo suficiente para ver la imagen del cerebro y los padres hacían comentarios particularmente de estas imágenes, sin mencionar la pantalla. A partir de estos dos estudios, los autores concluyen que los padres juegan un rol fundamental para ayudar a sus niños a aprender en el marco de los museos y que los módulos de los museos deben ser diseñados para facilitar la colaboración entre padres y niños. Los autores proponen planificar los módulos recordando el papel del adulto en la interacción con el niño, ya que cuando los padres interactuaban con sus niños en el módulo los niños exploraban más tiempo, de manera más profunda y focalizada en comparaciones relevantes que los niños que actuaban sin los padres. De esta manera los padres ayudaban a los niños a seleccionar e identificar evidencias relevantes, a generar evidencias y proveían explicaciones (Crowley, *et al.*, 2001).

Las explicaciones han sido foco de varios estudios. Se analizaron por ejemplo las conversaciones de padres e hijos en el museo de niños en California (Crowley y Callanan 1998) y se identificó una diferencia en el trato a niñas y niños en temas de ciencia en contextos de educación informal como los museos de ciencia. Se registraron las conversaciones de 185 familias en las que 65 padres interactuaron con niños (34 padres con niñas, 78 madres con niños y 54 madres con niñas de 1 a 8 años de edad) frente a 18 módulos de exhibición con contenido científico. Las interacciones dirigidas a niños y niñas conjuntamente fueron excluidas de la muestra. Una explicación fue definida como frases con conexiones causales, mención de las relaciones entre el fenómeno observado y principios generales, o analogías relacionadas con los fenómenos observados. Las instrucciones sobre cómo usar el módulo sin mención de relaciones o causas y la mención de evidencias (referencias a la información visual, auditiva o táctil, sin mención de relaciones o causas) también fueron registradas en el estudio. Los resultados del análisis de frecuencia de las explicaciones dirigidas a niños o a niñas marcan que los niños varones recibieron tres veces más explicaciones que las niñas. No fueron encontradas diferencias

significativas en la frecuencia de las instrucciones y la mención de evidencias. Los autores concluyen que padres y madres llevan a sus niños y niñas al museo, interactúan con ellos y conversan sobre lo observado pero que las explicaciones causales son dirigidas más frecuentemente hacia los niños varones. Estos resultados significativos en edades tan tempranas llamaron la atención de los investigadores que replicaron el estudio en una exposición diseñada para balancear diferencias de género, tanto en los temas como en las actividades. Esta exposición versaba sobre la historia de Alicia en el país de las maravillas (Callanan y Braswell, 2006) y trataba sobre temas de lógica y de matemáticas. En esta nueva exhibición no se observaron diferencias de explicaciones a niños y niñas, lo cual indica que el diseño de exhibidores puede promover la interacción de niños y niñas y sus padres de manera igualitaria.

Se definen cuatro tipos de explicaciones que los padres brindan a sus hijos en un museo (Crowley *et al.*, 2001; Crowley y Galco, 2001; Eberbach y Crowley, 2005):

Explicaciones analógicas - aquellas en las que un objeto o fenómeno es como otro.

Explicaciones basadas en principios - aquellas en las que las familias literal o conceptualmente se refieren a un principio organizador de la ciencia (como evolución, forma y función o genética).

Explicaciones causales - aquellas en las que X es causa de Y, o X exige a Y hacer Z. Este tipo de explicaciones pueden darse en contextos pasados, presentes o futuros. Estas explicaciones se dividen en aquellas que detallan los “cómo” y los “porqué”. (Callanan, Sharager, y Moore, 1995)

Explicaciones de procesos - explicitación de las secuencias, (no de las causas) que están involucradas en el fenómeno, X hace Y, o X se transforma en Y. Estas explicaciones se dividen en explicaciones de los “qué” y los “cómo”.

Las explicaciones variaban según los módulos, fueran estos objetos concretos o modelos, siendo las explicaciones de procesos más frecuentes frente a los modelos (concretos o virtuales). Las explicaciones que los padres ofrecen en los museos no siempre se ajustan a las explicaciones científicas. Estas explicaciones se diferencian de las explicaciones normativas ya que son breves e incompletas y se desarrollan espontáneamente en situaciones de atención conjunta. Crowley y Galco (2001)

definen a las explicaciones colaborativas que se desarrollan a lo largo de una visita familiar a un museo o en el contexto de otras interacciones familiares como *explanatoides*. Según los autores, dichas explicaciones individuales no logran provocar un cambio conceptual profundo pero, tomadas en conjunto, pueden fundar las bases para la construcción del pensamiento científico a partir de contextos cotidianos, en particular cuando incluyen identificar objetos y relaciones con conocimientos previos.

El apoyo brindado por los padres a sus niños en situaciones de aprendizaje de ciencias fue observado asimismo en situaciones de experimentación autodirigida (Gleason y Schauble, 1999). Veinte díadas voluntarias de padres con educación terciaria y niños entre 8 y 12 años fueron observadas en sesiones de 45 minutos en un modelo de un *Dique* (una mesa de agua con compuertas). La consigna era realizar experimentos y se ofrecían tarjetas para registrar los datos de cada experiencia. Se observó que los participantes dedicaron más tiempo al diseño del experimento que a la interpretación de los resultados: los padres tomaban para sí las tareas más demandantes cognitivamente, dejando las tareas de procedimientos para los niños. La falta de interpretación no se hallaba en la dificultad de los padres para descifrar los resultados sino que parecería que los padres no identificaban que los niños no reparaban en las evidencias. Los autores agregan que no es suficiente ofrecer a los padres estrategias generales sino que es necesario dar ayudas específicas para que ser usadas en cada contexto, si bien no desarrollan cómo configurar estas ayudas en el módulo.

Palmquist y Crowley, (2007) han estudiado las interacciones de niños novicios y expertos con sus padres durante la visita a un museo de historia natural. Un niño experto es aquel que demuestra un conocimiento profundo en un área determinada, por ejemplo, es capaz de identificar los nombres de un promedio de más de seis dinosaurios de los 10 presentados. Los padres se relacionaban más activamente con los niños novicios que con los niños expertos y aludían a características funcionales no directamente observables con mayor frecuencia. Los autores revelan de esta manera como las islas de conocimiento en algunos casos facilitan la adquisición de

contenidos y en otros impiden el aprendizaje de las familias ya que los padres toman el rol de verificar el conocimiento del hijo, sin cuestionarlo.

2.5.3 Padres y niños en museos de ciencia- motivaciones y roles

Las familias que visitan los museos tienen distintas conformaciones ya sean diádas de un padre o madre con un niño o grupos familiares en los que ambos padres comparten la visita con niños de diferentes edades. Las familias eligen voluntariamente visitar los museos y conforman por lo menos un 50% de las visitas (Falk y Dierking, 2000). Las motivaciones personales en general influyen en qué, cómo y cuánto los visitantes aprenden durante la visita. (Falk, Moussouri, y Coulson, 1998). Las motivaciones para acudir a un museo se relacionan, en general, con el aprendizaje, la recreación y la interacción dentro del grupo familiar (Moussouri, 2003). Si bien las motivaciones pueden llegar a ser similares, los roles de niños y adultos difieren sustancialmente en el marco de un museo. Específicamente, a lo largo de la visita los adultos deben ayudar a los niños a interactuar con los módulos, guiar a los niños hacia las experiencias significativas, interpretar las experiencias por sí mismos y traducirlas a sus niños para optimizar el aprendizaje de los niños. (Allen, 2006; Briceño, Anderson y Anderson, 2007). Para desplegar este papel de facilitadores, los padres aprehenden nuevos módulos, leen o descifran las instrucciones (Crowley, Jacobs, 2002), confirman el resultado y realizan los ajustes necesarios para apoyar el aprendizaje de sus hijos. Aun cuando no tienen experiencia sobre lo que muestran las máquinas del museo, los padres despliegan un alto grado de improvisación que no les impide adoptar un rol directivo, evidente en el control de la secuencia y el orden de las acciones y en ajustes recíprocos en las conversaciones de padres e hijos (Benloch y Williams, 1998).

Las investigaciones de padres y niños se han hecho en particular en EE.UU. y en Gran Bretaña con familias de habla inglesa. Nuevas investigaciones de padres y niños en museos muestran que padres de distinto nivel de escolaridad tomaban roles directivos – al contar con más años de escolaridad y al relacionarse con niños más pequeños (Siegel *et al.*, 2007). Estos resultados ofrecen información acerca del grado de colaboración entre padres y niños en el museo, punto sobre el que nos hemos

referido al hablar de niños expertos y novatos y que retomaremos en el apartado siguiente. En España se han hecho también investigaciones con padres y niños en el museo de la ciencia de la ciudad de Barcelona. Montsé Benlloch y Vilma Williams (1998) intentaron identificar la influencia de datos demográficos (educación y diferencias de género), en las ayudas brindadas por 84 padres a sus hijos en la *Onda de Agua*. Se estudiaron varias conductas de los padres y de los niños en una actividad conjunta frente al módulo registrándose la atención, el desinterés, la lectura de carteles y el diálogo. Se observaron diferencias significativas con respecto a la variable de la educación: padres con educación terciaria o universitaria en distintas disciplinas hablaban más con sus hijos, sin observarse diferencias de género de los padres en la interacción con los hijos. En síntesis, se ha encontrado que en algunas investigaciones, el nivel de educación de los padres es significativo, mientras que en otras no llega a ser un factor determinante.

¿Cómo ven los padres su propio rol en el museo? ¿Son ellos los que llevan la iniciativa, o dejan a sus niños el control, conciliando sus necesidades con las de los niños? Al definir su propia experiencia, los padres mencionan que desearían aprender algo por sí mismos, algo que no habían comprendido en la escuela. Al registrar el aprendizaje de los padres se observan diferencias entre los contenidos expresados al principio y al final de la visita (Briceño *et al.*, 2007). Estos aprendizajes a nivel de los adultos, sin embargo, son percibidos para ser compartidos con sus hijos. Schauble y otros (2002) entrevistaron a padres que acudían con sus hijos a la Galería de la Ciencia del Museo de Niños de Indianápolis. Los padres fueron interrogados acerca del aprendizaje en módulos específicos como la *Zona de Construcción* y el *Dique*. Los módulos elegidos eran particularmente populares permitiendo la interacción de padres e hijos y el aprendizaje a distintos niveles. Noventa y cuatro padres de niños entre 6 y 10 años participaron en el estudio. Treinta y dos padres fueron entrevistados después de haber interactuado con sus hijos por lo menos 5 minutos en los módulos. Los padres contestaron a las siguientes preguntas: ¿Cuál es el potencial educativo de este módulo (el *Dique* o la *Zona de construcción*)? ¿Cuáles son los aciertos y los fallos del módulo? ¿Qué pueden hacer los padres para ayudar a sus hijos en este módulo? En sus respuestas, los padres hicieron alusión a dos tipos de concepciones de

aprendizaje en un museo: por un lado, jugar, observar y divertirse y por el otro hacer algo más que "pasarla bien". Los padres mencionaban que ayudaban a los niños a interactuar eficazmente con los módulos para apoyar el aprendizaje y por otro lado daban explicaciones y hacían buenas preguntas. Los padres respondieron con categorías generales a pesar de que la pregunta se refería a ayudas específicas a los módulos.

¿Cuáles son los roles que adoptan los niños? Los niños observados individualmente o en interacción con otros niños muchas veces toman el rol de observar a otros niños para pasar luego a imitar las actividades observadas (Meisner, 2007). Esta reproducción se desarrolla, transformándose y en algunos casos puede conducir a nuevas formas de cooperación con otros niños. Se han registrado por ejemplo, conductas epistémicas (orientadas a adquirir información acerca de los objetos), desarrollo de modelos mentales, actividades lúdicas, e interacciones sociales (Meisner y Osborne, 2007). Asimismo al definir sus experiencias significativas en los museos, los niños recuerdan más fácilmente módulos particularmente grandes y aquellos módulos con los cuales pudieron establecer conexiones con sus conocimientos y experiencias previas – el hecho de que los módulos fueran manipulables no era determinante en el recuerdo de los niños (Piscitelli y Anderson, 2001).

2.5.4 Adultos: ¿ayudan o estorban?

En las visitas conjuntas muchas veces son los adultos los que marcan el ritmo y el contenido de la visita. Algunos museos se "quejan" que los padres adoptan un rol excesivamente didáctico, llegando a no tomar en cuenta las intenciones exploratorias de los niños (Meisner, 2007; Tisdal y Perry, 2004). Los choques entre los adultos y los niños se dan en algunos casos en relación al contenido. Por ejemplo, se producen rupturas en el discurso durante la elaboración de los nuevos contenidos cuando niños y adultos están interesados en diferentes módulos (Anderson, Piscitelli y Everett, 2008). En otras ocasiones, los choques se relacionan con el recorrido en el museo y se originan cuando los intereses de los niños acerca de qué partes del museo desean recorrer quedan desoídos. En un último caso, los choques se manifiestan en el manejo

del tiempo de la visita y de los módulos individualmente. Los niños no siempre desean escuchar las explicaciones de los padres prefiriendo jugar y explorar a su ritmo. Parece ser que la visita familiar es un lugar de encuentro y a veces conflicto de distintas agendas, orientadas a los conceptos científicos o a los intereses y vivencias personales (Crowley y Jacobs, 2002) que deben ser negociadas durante la visita al museo.

Se ha puesto mucho énfasis en el papel de los adultos en espacios informales para el desarrollo del pensamiento científico. Sin embargo, mientras la presencia de los adultos puede incrementar las interacciones sociales y verbales las conductas creativas en general relacionadas con la solución de problemas (Peppier y Ross, 1981) aparecen más frecuentemente cuando el niño se encuentra solo frente al módulo (Meisner, 2007). Los padres adoptan actitudes directivas con respecto a los niños y no siempre les permiten tener control de la actividad (Gelman, Massey y McManus 1991). En algunos casos, los padres tomaban un actitud demasiado didáctica en situaciones de juego dramático e intentan enseñarles a los niños conceptos lógico-matemáticos (Shinne y Acosta, 2000). Sin embargo, los padres registran las diferencias de los distintos contextos y regulan el grado de apoyo que brindan a sus hijos. Por ejemplo, Melber (2007) entrevistó a madres acerca de los roles adoptados en una galería especialmente diseñada para los niños y una galería más tradicional. En sus respuestas las madres expresaron que eran concientes de las diferencias entre las salas y elegían intencionalmente sus intervenciones en función del entorno físico y las posibilidades que ofrecía. En el registro de las conversaciones de madres con niños se observó un nivel conceptual más alto y conductas de enseñanza más elaboradas en las galerías tradicionales. Según Rogoff (1990) los niños presentan dificultades al coordinar la resolución de un problema con otra persona, salvo en casos en los que comparten la toma de decisiones. Esto parece explicar que los niños no obtengan ventajas de la interacción social en tareas de planificación, en problemas que manejen conceptos abstractos o hechos futuros.

Para resumir los distintos estudios de padres y niños podemos señalar que al diseñar módulos interactivos es importante planificar las interacciones considerando los conocimientos, los roles y la actividad de los padres y la de los niños en el

módulo. Frecuentemente los módulos son diseñados para la actividad de un solo visitante sin tener en cuenta la interacción de grupos de pares o familias que interactúan con ellos. Las personas de estos grupos en ocasiones colaboran unos con otros y en otras interfieren uno en la actividad del otro. Nos proponemos en esta tesis estudiar los elementos del diseño que puedan apoyar y sostener aspectos colaborativos de los padres y los niños e identificar las características del módulo que apoyen la explicitación de los contenidos. Reseñamos en el próximo apartado los trabajos focalizados en el diseño de los módulos interactivos, señalando particularmente de qué manera son diseñadas las actividades en los módulos.

2.6 DISEÑO DE LOS MÓDULOS INTERACTIVOS

La práctica museológica se recompone alrededor de la optimización de la comunicación con el visitante, la elección de los temas y la configuración de los módulos de exhibición en función de los mensajes que se desea comunicar. Para este propósito, los museos utilizan variadas técnicas de interpretación, presentando el mismo tema de diversas maneras, a distintos niveles y con la utilización de aparatos estáticos, dinámicos, automáticos o interactivos (Sabatini, 2004) orientados a explicar, proporcionar contexto, simular y facilitar la experiencia de la visita. En el caso de módulos interactivos su diseño requiere una toma de decisiones, particularmente en lo relativo al objetivo del módulo, el mensaje que se desea transmitir y los medios para transmitirlos. La definición de la experiencia de aprendizaje deseada puede justificar si la interactividad es el medio más adecuado para lograrla. (Adams, Luke, y Moussouri, 2004).

En la bibliografía de museos encontramos varias referencias acerca del diseño de módulos interactivos efectivos, algunos basados en la investigación y otros en la práctica museológica. Como vimos anteriormente, se ha desarrollado una limitada investigación con respecto a los contenidos de módulos individuales. La bibliografía de museos ha intentado generalizar y definir los objetivos de los exhibidores no en función de los contenidos sino en función de las experiencias que se ofrecen al visitante (Ansbacher, 1998). En esta línea se han estipulado algunos componentes de

la experiencia motivadora en museos: curiosidad, confianza, desafíos, control, juego y comunicación (Perry, 1993). Se intenta, por ejemplo, definir conductas relacionadas con el aprendizaje en la interacción con los módulos (Barriault, 1998) y se identifican tres niveles de aprendizaje que se manifiestan sin respetar una secuencia determinada.

Conductas de iniciación- realizar la actividad, observar la actividad de otros visitantes, recibir información o ayuda de otros visitantes o del personal del museo

Conductas de transición- repetir la actividad, expresar respuesta emocional positiva a raíz de participar en la actividad, referirse a experiencias pasadas

Conductas de ruptura - buscar y compartir información, experimentar con las variables, hacer comparaciones, usar la información obtenida en la actividad (Barriault, 1998).

Este modelo, orienta a los diseñadores y permite evaluar los módulos y su efectividad para el aprendizaje en museos. Sin embargo estos lineamientos son poco específicos y no toman en cuenta la diferente complejidad de los contenidos ni las distintas técnicas de interpretación.

Más específicamente relacionado con recomendaciones para el diseño, el proyecto PISEC (ya antes mencionado en el contexto del aprendizaje familiar) identificó las características de los módulos interactivos para favorecer el aprendizaje (Borun *et al.*, 1998). Se identificaron siete propiedades de los módulos que apoyan el aprendizaje familiar:

Acceso múltiple - el módulo puede ser accedido por distintos usuarios simultáneamente.

Uso múltiple – el módulo puede ser usado por distintos usuarios simultáneamente.

Accesibilidad – el módulo permite diferentes niveles de interacción.

Resultados múltiples – diferentes acciones dan diferentes resultados.

Modalidades diversas – invita a modalidades de aprendizaje diferentes.

Legibilidad – los textos explicativos pueden ser leídos confortablemente.

Relevancia - el contenido del módulo permite establecer conexiones con el conocimiento previo de los visitantes.

Este estudio es ampliamente citado en el ámbito de los museos particularmente por ser uno de los primeros proyectos que involucraban a varios museos e instituciones y proponer recomendaciones generales para el diseño de los módulos. Aún así, estos lineamientos siguen siendo muy generales.

Una segunda investigación de gran envergadura fue la desarrollada en el Exploratorium APE: (*Active Prolonged Engagement*) (Humphrey y Gutwill, 2005). Basándose en la concepción del museo constructivista de George Hein, se registraron las características de los módulos que fomentaban la investigación autodirigida de los visitantes. Este trabajo pone de relieve la interacción del visitante y apunta a desafiar la voz autoritaria tradicional de los museos, apoyando la curiosidad, desarrollando la imaginación y la construcción personal y grupal de significados. Los investigadores establecieron una diferenciación entre los módulos de descubrimiento planificado (DP) orientados a promover la comprensión de principios básicos de la ciencia y aquellos que denominaron de exploración activa prolongada (APE). En los módulos de descubrimiento planificado (DP) se identificaron: Instrucciones claras, un itinerario de descubrimiento marcado por el museo con los elementos a observar pre-determinados, descripciones claras y orientadas ideas o conceptos específicos, efectos sorprendentes que llevan a preguntar porqué y a buscar la respuesta en los carteles explicativos, lo que en muchos casos marcaba el fin de la interacción. Los fenómenos naturales son presentados como accesibles, manipulables y comprensibles y pocas veces llevan a descubrimientos propios, auto iniciados por los visitantes.

Módulos APE (*Active Prolonged Engagement*) son módulos abiertos- con opciones múltiples que presentan oportunidades para que los visitantes se planteen sus propias preguntas e investigaciones. En este tipo de módulos el tiempo de interacción era significativamente mayor que en aquellos de descubrimiento planificado. Los visitantes pasaban más tiempo en el módulo, y se retiraban por razones extrínsecas (por ejemplo, el llamado de otro visitante). Se observaban conductas variadas, entre ellas: observar, jugar, investigar, explorar colaborar, buscar, especular, construir algo nuevo. Los visitantes formulaban preguntas de distinto tipo: **¿Qué pasa aquí?**; **¿Puedo hacer yo esto?**; **¿Qué pasará si..?**, como también preguntas del tipo **¿Por qué ocurre este fenómeno?** Los investigadores concluyen que la actividad del visitante es guiada por

estas preguntas y que las respuestas a estas preguntas se configuran a partir de la actividad en el módulo y no solo leyendo los carteles. Otra conclusión se relaciona con los carteles explicativos: en estos módulos los visitantes leen los carteles y continúan la interacción con el módulo después de leerlos. Se detallan cuatro categorías de módulos APE:

Investigación - módulos con enfoque analítico, que siguen una línea de pensamiento particular para llegar a una conclusión.

Exploración - El enfoque en estos módulos es más visceral o estético que sigue una línea de acciones para lograr resultados interesantes o agradables que registran los límites de un efecto.

Observación - la principal actividad de los visitantes es notar los detalles del fenómeno, en general fenómenos que se desarrollan en el tiempo y procesos de cambio.

Construcción - los visitantes construyen circuitos, formas, sistemas y desarrollan sus creaciones.

Recapitulando, los módulos APE ponen el énfasis en aspectos de la ciencia que son placenteros y pueden ser percibidos en un ambiente caótico de exploración, manipulación y experimentación. Estos módulos no acentúan otros aspectos de la ciencia como la memorización de conceptos, las relaciones cuantitativas y largas cadenas de inferencia que requieren esfuerzo intelectual. Los autores incluyen en su publicación (Humprey y Gutwill, 2005) la lista de módulos APE investigados, las evaluaciones realizadas y recomendaciones para la construcción de módulos similares en otros museos.

Frente a los defensores de la investigación encausada por la curiosidad, surgen las preguntas sobre los resultados de esta actividad y la explicitación de los contenidos del módulo. Por ejemplo, se analizó la actividad frente a la *Carrera cuesta abajo*, un módulo diseñado para verificar el efecto de la distribución de la masa en un disco y su efecto en el movimiento (Allen, 2004). Se identificaron dos efectos: cuando el diseño de los discos marcaba las variables del módulo (en este caso la distribución de la masa, en el centro o en la circunferencia) más visitantes podían articular el principio subyacente, pero interactuaban menos tiempo con el módulo. Asimismo, se observó

que la mención explícita de los principios en el cartel también tenía un efecto similar y marcaba una reducción del tiempo de interacción (Allen, 2004). Por lo tanto, diseñar módulos para hacer más efectiva la experimentación del visitante puede afectar negativamente la posibilidad del visitante de comprender un principio científico específico. Esta investigación y similares muestran la tensión intrínseca del diseño de módulos interactivos que permitan, por un lado, clarificar conceptos y, por el otro, la experimentación del visitante. Una tensión similar se identificó en las explicaciones de padres y niños frente a *modelos de flores* y *flores en un vivero* de plantas: los modelos daban lugar a explicaciones de procesos y los viveros a conexiones con la vida cotidiana sin la explícita mención de los procesos. (Eberbach y Crowley, 2005).

2.6.1 Diseño de la actividad en los módulos

Relacionado con el proyecto APE, se publicaron en el Exploratorium algunas guías para el diseño de módulos interactivos efectivos (Allen, 2004; Gutwill y Allen, 2004; McLean y McEver, 2004). Entre los lineamientos mencionamos:

Recepción inmediata basada en el diseño universal- Este enfoque apoya la creación de módulos interactivos que por su forma y su estructura invitan a realizar ciertas acciones, restringiendo otras. Se utiliza asimismo el término *affordance* de Gibson (1979) para referirse estrictamente a las propiedades del objeto que determinan cómo puede ser usado (concepto que ampliaremos en el capítulo 4 al referirnos a los módulos interactivos como artefactos cognitivos). De esta manera se reduce la carga cognitiva y los visitantes pueden dedicar su atención a otros aspectos interesantes del entorno. Esta recepción inmediata permite la participación inicial con el módulo en la que el visitante realiza una serie de actividades de aproximación. Los módulos APE permiten a continuación una participación prolongada, auto-regulada por los visitantes (Gutwill y Thogersen, 2005).

Mapeo natural - Se recomienda utilizar analogías físicas y culturales en el diseño de los controles: por ejemplo, girar una manija en el sentido de las agujas del reloj es adecuada para abrir o accionar el módulo. Estos principios son aplicables a

cualquier artefacto y han sido estudiados por Donald Norman (1988) en su psicología de los objetos cotidianos.

Usar esquemas conocidos- Las actividades de los módulos pueden basarse en esquemas conocidos que permiten el reconocimiento de las reglas y las restricciones de uso - armar algo a partir de distintas piezas, hacer funcionar un aparato, sentarse en el asiento de una bicicleta y pedalear para hacer andar un módulo. Se revisan asimismo recomendaciones de trabajos anteriores: a diferencia de lo planteado por Borun *et al.*, (1998) que proponían crear módulos con varias opciones, Allen y Gutwill (2004) observaron que módulos interactivos con muchas posibilidades apabullan a los visitantes: se observó, por ejemplo, que usuarios simultáneos en una misma mesa giratoria con arena ocasionan descontrol e interfieren el uno con el otro. Una de las soluciones propuestas fue por ejemplo crear estaciones paralelas y se propone asimismo limitar las opciones del visitante en cada etapa de la actividad (Allen, 2004; Gelman *et al.*, 1991). En algunos casos el mismo visitante interfiere en el fenómeno, elementos interactivos sutiles pasan desapercibidos, e inclusive elementos interactivos secundarios oscurecen el efecto primario, por lo que es recomendable crear jerarquías.

La mayoría de los lineamientos mencionados hacen una versión detallada de la actividad del visitante con el módulo. Sin embargo, pocos son los lineamientos que se relacionan específicamente con los contenidos. A este respecto podemos nombrar:

Tomar en cuenta los conocimientos previos del visitante. Al configurar los mensajes de los módulos se estudian las concepciones de los visitantes para tomarlas en cuenta en el desarrollo de las exposiciones, lo que, en el ámbito de los museos, se ha llamado evaluaciones previas (*front-end evaluation*) (Dierking y Pollock, 1998). El objetivo de este tipo de evaluaciones es examinar los contenidos de la exposición que los visitantes conocen, o ignoran, y aquellos sobre lo que manifiestan curiosidad. Se intenta comprender las concepciones de los visitantes para no basar en diseño en las preconcepciones que los diseñadores sostienen acerca de los visitantes. En algunos casos se busca identificar las creencias y las actitudes frente a los temas de

exposiciones futuras para establecer puentes entre los conocimientos previos y las experiencias del público.

Planificar para la Coherencia conceptual- Los comisarios de las exposiciones marcan las grandes ideas que subyacen a la exposición. Estos conceptos son en general abstractos y difíciles de comunicar. Se han evaluado por ejemplo diferentes maneras de comunicar conceptos abstractos a los visitantes. Por ejemplo, establecer secuencias lineales de módulos, agrupar módulos sobre temas similares, utilizar organizadores previos (temáticos y/o espaciales -mapas) a la entrada de las exhibiciones, agregar carteles explicativos que refuerzan los temas abstractos que subyacen a la exposición. (Allen, 2007), y utilizar cierta medida de redundancia (Gelman *et al.*, 1991). Algunas iniciativas han tenido eficacia como por ejemplo la separación de módulos en la exposición sobre la visión (Allen, 2003). Cuando los temas exigían la aceptación de conceptos abarcadores diferentes a los conocimientos previos de los visitantes como en el caso de identificar las características de los seres vivos el efecto fue menor (Hein, 2003). Los cambios conceptuales son difíciles de lograr y los visitantes prefieren agregar nuevas experiencias y nuevos datos. En este sentido, los educadores en museos se enfrentan con problemas similares a los de los maestros y profesores de ciencias de la educación formal (Allen, 2004). Ampliaremos estos temas en el capítulo 3 en el que nos referiremos al cambio conceptual en el museo.

Graduación de los temas y los niveles de profundización -Schauble y Bartlett (1997) narran el proceso de remodelación de la exposición de ciencia del museo de niños en Indianápolis. La pregunta inicial fue definida como: ¿Qué conceptos acerca de la ciencia deben conocer los niños de educación primaria y cómo los aprenden? La exhibición se dividió en dos áreas principales de acuerdo con el enfoque del embudo: en una primera galería se ubicaron módulos atractivos de distintos temas para una primera aproximación, seguida de otras galerías (*Obra en construcción, el Dique, los Fósiles*) para una experimentación profunda en las que niños que visitaran el museos repetidas veces pudieran encontrar desafíos diferentes.

2.6.2 Diseño de los apoyos

Dedicamos el último apartado de este capítulo al diseño de apoyos y particularmente a los carteles explicativos. Los carteles son los apoyos más estudiados en el ámbito de los museos: se ha estudiado su uso por los visitantes (Atkins, *et al.*, 2009; McManus, 1989; Rowe, 2003), la accesibilidad de los textos (Ravelli, 2006; Serrell, 1996) y las formas lingüísticas efectivas para la recepción de los contenidos, entre ellas la inclusión de preguntas e instrucciones en el texto (Gutwill, 2006; Hohenstein y Tran, 2007), los distintos planteamientos de la interacción del visitante con el módulo explícitos en el cartel (Bradburne, 2000) y el formato y ubicación de los carteles en relación a los módulos (Bitgood, 2002; Falk, 1997). MacManus (1989) fue una de las primeras investigadoras en disputar la creencia de que los visitantes no leen los carteles durante una visita al museo. A raíz de su investigación, pionera en el ámbito de los museos en la que utilizó micrófonos en los módulos, se pudo comprobar que los visitantes hacían eco de los textos, si bien los observadores no registraban la conducta de la lectura de los textos. La autora concluye que los visitantes escanean los textos y los utilizan en sus conversaciones. Se observan, asimismo, distintas lecturas de los textos (Rowe, 2003) entre ellas: 1) la lectura directa en voz alta en la que se reconoce la autoridad del texto, 2) el eco de los textos en la conversación y 3) la apropiación del texto pero con modificación (en este caso se mencionan los textos del cartel pero se los compara o discute a partir de los conocimientos previos del visitante). Se advierte también que algunos módulos explicitan los mensajes en los carteles explicativos (Humprey y Gutwill, 2005), en detrimento de la interacción y la exploración. Las investigaciones que cuestionan el uso del lenguaje autoritativo intentan combinar preguntas y sugerencias en los textos (Gutwill, 2006), si bien esta intervención no llega a tener influencia en el tiempo de interacción o en las actividades del visitante. Por otro lado, cambios en los textos y material suplementario para el uso de los visitantes han producido cambios en las actividades y las interacciones frente a los módulos (Atkins *et al.*, 2009), por lo que carteles y materiales podrían estructurar la actividad como una lección o como una herramienta. Hay pocas investigaciones que comparan el uso de los carteles con módulos de diferente tipo: en un museo no interactivo Hohenstein y Tran (2007) observaron que las preguntas abiertas tuvieron un efecto sobre las conversaciones pero este efecto no

fue similar para distintos tipos de objetos (fueran estos más o menos conocidos). Las autoras concluyen que es necesario considerar la complejidad y la familiaridad con los contenidos al configurar los carteles explicativos.

2.7 RESUMEN - LINEAMIENTOS PRINCIPALES DEL DISEÑO DE MÓDULOS INTERACTIVOS

Para concluir esta revisión resumimos los lineamientos principales del diseño de módulos interactivos en museos de ciencias. Con respecto al diseño de la interacción entre los miembros de la familia con el módulo interactivo es importante:

- Dar lugar a la construcción de la identidad de la familia permitiendo el aprendizaje familiar (Ellenbogen *et al.*, 2004).
- Respetar la diversidad de padres - algunos más directivos que otros (Schauble *et al.*, 2002; Siegel *et al.*, 2007).
- Tomar en cuenta el conocimiento previo de padres y niños (Crowley y Callanan, 1998).
- Otorgar variedad de entradas para permitir el acceso de adultos y niños de distintos niveles (Borun *et al.*, 1998) y la elección de los materiales relevantes para la interacción (Schauble *et al.*, 2002).

En la planificación de la actividad y los apoyos de los módulos se debe:

- Respetar la necesidad de aprehensión inmediata (Allen, 2004) con posibilidad de elaboración más profunda (Barriault, 1998, Gutwill y Thogersen, 2005; Schauble y Bartlet, 1997)
- Identificar las fallas en el diseño que puedan obstaculizar la interacción (Allen, 2004; Meisner *et al.*, 2007)
- Utilizar distintos tipos de aparatos, para poder apoyar la redundancia y la constitución de la coherencia conceptual (Allen, 2004; Gelman, Massey y McManus, 1991)
- Ofrecer carteles explicativos que puedan ser usados por los padres como apoyo del aprendizaje (Hohenstein y Tran, 2007)

- Controlar el equilibrio entre la actividad y la explicitación de los mensajes (Allen, 2004, 2007; Eberbach y Crowley, 2007) en un mismo módulos o en módulos diferentes dentro de una misma exposición.

Como nexos para el próximo capítulo, citamos algunas de las recomendaciones para el diseño de módulos interactivos de Roschelle (1995) para los diseñadores de experiencias interactivas. Primero, los diseñadores deben aspirar a refinar el conocimiento previo, sin intentar reemplazar el conocimiento de los visitantes. Segundo los diseñadores deben anticipar un largo proceso de aprendizaje en el que la experiencia a corto plazo incrementa este conocimiento. Tercero, los diseñadores deben recordar que el aprendizaje depende de la interacción social y que las conversaciones estructuran la forma y el contenido de los nuevos conocimientos. Quizás las lecciones más importantes sean estas: primero debemos abandonar la noción de transmitir conocimiento a mentes absorbentes, ya que el aprendizaje es un proceso de cambio conceptual. Segundo, el proceso del cambio conceptual es lento y gradual. En lugar de rechazar el conocimiento previo y aceptar el conocimiento científico, los visitantes deben refinar y reconstruir su conocimiento previo. Tercero, para sobreponerse a la paradoja de la continuidad del conocimiento previo y el conocimiento científico, debemos aprender de los éxitos, evitar las dicotomías, considerar al conocimiento previo como las bases del nuevo conocimiento, buscar la transformación más profunda del conocimiento en un todo integrado sistemáticamente, por lo que pasamos al próximo capítulo en el que revisaremos distintos enfoques del cambio conceptual.

Capítulo 3

APRENDIZAJE CIENTÍFICO Y CAMBIO CONCEPTUAL

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo de la revisión bibliográfica nos centraremos en el aprendizaje científico como cambio conceptual. Utilizaremos este marco teórico ya que nos brinda información acerca de la naturaleza del conocimiento previo de los visitantes y de las diferentes relaciones que se establecen entre los conocimientos previos y las nociones científicas que se exponen en el museo. Registraremos distintos enfoques que estudian el cambio conceptual para entender los procesos de cambio y considerar los aspectos que pueden apoyar el cambio conceptual en el marco de un museo.

3.2 APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS

Si bien algunos autores consideran que las metas del aprendizaje de las ciencias es la formación de futuros científicos (Gago, 2004), la alfabetización científica es parte de la formación de todos los ciudadanos (Osborne, 2002; Pozo y Gómez Crespo, 1998). La alfabetización científica es definida como el conocimiento necesario para comprender e interactuar de modo efectivo con la realidad cotidiana y ser capaces de tomar decisiones conscientes y responsables a partir de esa comprensión (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Esta "educación para todos" considera a la ciencia a partir de su contexto y acentúa las conexiones relevantes con la vida de los ciudadanos (Osborne y Dillon, 2008). Uno de los principales problemas del aprendizaje científico surge cuando las explicaciones de la ciencia violan los principios fundamentales de los conocimientos previos de los estudiantes. A este efecto se comparan las ideas de expertos y novatos, encontrándose por ejemplo, diferencias en la percepción y definición de los problemas y en el manejo de la

información (Chi, Feltovich y Galser, 1981; Kuhn, Amsel y O'Loughlin, 1988). En estos casos el aprendizaje requiere la reorganización de los conceptos intuitivos y la creación de representaciones cualitativamente diferentes (Vosniadou, Ionides, Dimitrakopoulou y Papademetriou, 2001) exigiendo este cambio, generalmente, un arduo proceso de instrucción. Retomamos el enfoque constructivista, ya citado en el ámbito de los museos, que sostiene que el aprendizaje no es una acumulación de conocimientos que deben ser repetidos, sino que implica una reconstrucción de los conocimientos a fin de apropiarse de ellos (Pozo y Gómez Crespo, 1998) y pasamos a considerar la naturaleza de los conocimientos previos.

3.3 EL CONOCIMIENTO PREVIO

El estudio de las concepciones alternativas se desarrolló a partir de los años 80 del siglo pasado en el campo de la investigación de la enseñanza de la ciencia. Esta línea de investigación cobró importancia a raíz de las dificultades que encontraron los alumnos frente a determinados conocimientos científicos enseñados en la escuela, que contradecían o eran diferentes de los que guiaban su sentido común. Más de 3000 investigaciones de ideas previas han sido compiladas (Pfundt y Duit, 1991, 2006), en el dominio de física mecánica (diSessa, 1993; Leher y Schauble, 1998; Metz, 1991; Viennot, 2002), astronomía (Ehrlen, 2008; Vosniadou y Brewer, 1992,1994), historia y ciencias sociales (Leinhardt y Ravi, 2008; Limón y Carretero, 1999), matemáticas (Stavy y Tirosh, 1996; Stavy, Tsamir y Tirosh, 2002), biología (Inagaki y Hatano, 1996; Keil, 1989), y química (Driver, Guesne, Tiberghien, 1985; Engel Clough y Driver, 1985; Gómez Crespo, Pozo y Sanz, 1995, Séré, 1982, 1985, 1986; Stavy, 1998; Tytler, 1998) (analizaremos en los capítulos empíricos las investigaciones relevantes para cada uno de los módulos elegidos).

El conocimiento previo es definido en algunos casos como ideas (Driver *et al.*, 1985), concepciones personales (Giordan y De Vecchi, 1988), razonamiento natural (Viennot, 2002), preconcepciones (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978) o concepciones alternativas (Nussbaum y Novick, 1982), siendo el término "concepciones erróneas"

utilizado en las primeras investigaciones y abandonado posteriormente dadas sus connotaciones negativas. Algunas ideas previas se conforman y reestructuran durante el desarrollo cognitivo (Carey, 1985; Keil, 1989; Vosniadou y Ioannides, 1998), otras se originan durante la instrucción en el intento de los alumnos de conciliar sus ideas con las de los científicos (Inagaki y Hatano, 1996; Vosniadou y Iosnnides, 1998) y aun hay otras que son el resultado de la comprensión incorrecta de las teorías o modelos presentados en clase o de errores didácticos (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

¿Cómo se relacionan las ideas previas entre sí? Algunos autores consideran que los conocimientos previos son representaciones difusas, más o menos aisladas (diSessa, 1993). Otros sostienen que las ideas forman parte de un modelo mental explicativo como teorías de marco (Vosniadou, 2008; Vosniadou y Brewer, 1992, 1994), teorías específicas de dominio (Carey, 1985; Karmiloff-Smith, 1992; Wellman y Gelman, 1997) en algunos casos de carácter implícito que tienen por objeto establecer las regularidades del mundo (Pozo, 1993; 2001; 2003; Pozo y Rodrigo 2001). Las ideas robustas y difíciles de modificar (Chi, 2005; diSessa, 2008) constituyen un obstáculo para la construcción o adaptación de un nuevo conocimiento. Sin embargo, desde el punto de vista constructivista estas mismas ideas pueden conformar un punto de partida en la adquisición de conocimientos nuevos ya que, en ocasiones es posible identificar la continuidad de estas ideas con algunos conceptos científicos (Smith, diSessa y Roschelle, 1993). Es esta continuidad la que intentamos investigar para comprender de qué manera se articulan los fenómenos presentados en el museo con los conocimientos de los visitantes. Para entender mejor la naturaleza y los procesos de cambio necesarios en el aprendizaje de las ciencias pasamos a definir el cambio conceptual.

3.4 DEFINICIÓN CLÁSICA DE CAMBIO CONCEPTUAL

Thomas Kuhn (1962) realizó un registro histórico de los cambios en el pensamiento científico y propuso que la ciencia opera dentro de creencias compartidas, supuestos, y prácticas que constituyen paradigmas. Durante el desarrollo científico, se acumulan descubrimientos que no pueden ser acomodados dentro de los

paradigmas existentes. La ciencia entra entonces en un período de crisis hasta que eventualmente se produce un cambio de paradigma que es inconmensurable con el paradigma anterior. El conocimiento científico cambia de un paradigma a otro, siendo este crecimiento no acumulativo ni lineal (Kuhn, 1962). Este enfoque del desarrollo del conocimiento científico ha tenido influencia en el ámbito de la enseñanza de las ciencias, a pesar de concentrarse en aspectos epistemológicos y sociológicos, y no tener en cuenta aspectos psicológicos. Su influencia en el ámbito del cambio conceptual y el aprendizaje radica en el paralelismo de los paradigmas y las concepciones alternativas de los estudiantes (Strike y Posner, 1992). Siguiendo la línea de pensamiento de Kuhn y estableciendo similitudes entre el desarrollo conceptual de los alumnos y la evolución histórica de los conocimientos científicos, el aprendizaje de las ciencias fue considerado como una actividad racional semejante a la investigación científica y sus resultados -el cambio conceptual- fueron equiparados a cambios de paradigmas (Strike y Posner, 1992). El enfoque clásico del cambio conceptual (Posner, Strike, Hewson y Gertzog, 1982) identifica cuatro condiciones que apoyan el cambio:

- Es preciso que se produzca insatisfacción con los conceptos existentes.
- El conocimiento nuevo ha de ser inteligible,
- debe ser plausible, aunque inicialmente contradiga las ideas previas del alumno y
- ha de ser potencialmente fructífero, al explicar anomalías encontradas y realizar mejores predicciones.

En definitiva, un nuevo concepto debe permitir un modelo más ajustado a la realidad observada. Este enfoque clásico del cambio conceptual ha sido criticado ya que no considera distintos aspectos y dificultades del aprendizaje, iluminando exclusivamente aspectos racionales y sugiriendo que el cambio conceptual implica el reemplazo de un concepto por otro. Por el contrario, en muchas ocasiones los estudiantes no abandonan sus concepciones previas, y continúan usándolas en los contextos cotidianos (Duit, 1996). A partir de las dificultades instruccionales en el aula, se han desarrollado enfoques posteriores que observan más detenidamente la

naturaleza de los conocimientos previos y los procesos de cambio conceptual. Algunos autores (Rodríguez-Moneo, 1999) establecen categorías de teorías frías, situadas y calientes y relacionan aspectos motivacionales que apoyan el cambio conceptual, otros (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Vosniadou, 2008) organizan los enfoques en función de la naturaleza del cambio, los procesos (mecanismos) y los dominios de cambio. Si bien ya mencionamos que el cambio conceptual profundo se halla más allá de lo que se puede esperar de una visita a un museo, reseñaremos ahora las teorías que se ocupan del aprendizaje científico como cambio conceptual, para determinar los tipos de aprendizajes deseados y factibles en el marco de un museo y las condiciones que los facilitan. Nos concentraremos en los planteamientos de cada teoría y en los aspectos relevantes al aprendizaje en los museos. Estudiaremos, por ejemplo el cambio conceptual situado (Caravita y Haldén, 1994; Spada, 1994) que postula la coexistencia de múltiples representaciones, siendo la tarea del estudiante aprender a discriminar el contexto adecuado para cada representación. Un enfoque relacionado con la perspectiva situada es el del conocimiento fragmentado (diSessa, 1993) que también toma en cuenta los contextos en los que se activan fragmentos de conocimiento, y considera que la adquisición del saber científico implica un cambio estructural y la reorganización de los conceptos (diSessa, 2002) a partir de conocimientos aislados. Mencionaremos también la Teoría-marco (modelos mentales) (Vosniadou y Brewer, 1992,1994) que sostiene que las ideas se conforman en teorías y modelos y que el cambio conceptual implica una reestructuración, lo que conlleva una reinterpretación gradual de las restricciones que conforman dichas teorías. La teoría del cambio conceptual como un cambio de categoría ontológica (Chi, 1992; Chi, Slotta y de Leeuw, 1994) nos permitirá considerar las limitaciones que enfrenta el visitante en un museo de ciencias al encontrar contenidos que exigen un cambio conceptual radical, difícil inclusive en la instrucción (Duit, 1999). Detallaremos finalmente el cambio conceptual como cambio representacional (Karmiloff-Smith, 1992; Pozo y Gómez Crespo, 1998) para profundizar acerca de la explicitación para apoyar el cambio conceptual, mecanismo mencionado como uno de los productos y procesos del aprendizaje en museos.

3.5 MODELOS SITUADOS

Los modelos situados dan importancia al contexto y al uso del conocimiento. El cambio conceptual implica una ampliación de los contextos de aplicación y una discriminación de los mismos para la adecuada utilización de las concepciones de las personas. El valor del contexto es reconocido por varios enfoques del cambio conceptual (diSessa, 1993; Halldén, Scheja y Haglund, 2008; Pozo y Rodrigo, 2001), si bien existen diferencias en la definición del contexto en cada una de ellas. (Las dos definiciones primeras las presentamos a continuación y la definición del contexto de Pozo y Rodrigo (2001) en el apartado 3.6.3).

3.5.1 La cognición situada

Para los investigadores de esta línea, el conocimiento es siempre situado (Halldén *et al.*, 2008), y contextualizado en el marco de las prácticas discursivas (Säljö, 1999). Los autores critican la excesiva atención prestada al conocimiento declarativo, registrado a partir de entrevistas, sin tener en cuenta los usos del conocimiento (Spada, 1994). La adquisición y el uso del conocimiento dependen de los contextos situacionales, cognitivos y culturales (Halldén *et al.*, 2002) que toman en cuenta los aspectos de la interacción, las normas y las pautas de conducta en los distintos contextos (Halldén *et al.*, 2008). El aprendizaje en contexto tiene en cuenta que el producto del aprendizaje se relaciona funcionalmente con lo que las personas quieren lograr en relación a una tarea de aprendizaje específica en un contexto de aprendizaje determinado. Halldén y sus colegas (2008) proponen establecer una diferencia entre la tarea y el problema, siendo la tarea la interpretación personal que el alumno se forma a raíz del problema presentado por el profesor. En esta percepción de la tarea influyen las creencias del estudiante acerca de cómo solucionar el problema y sus creencias acerca de las normas, obligaciones y oportunidades de la situación. Algunas de los investigadores de esta perspectiva llegan a negar la posibilidad de las representaciones de las personas (Säljö, 1999) considerando que el conocimiento es socialmente construido en las prácticas sociales (Lave y Wenger, 1991), pero no todos

comparten esta posición (Halldén *et al.*, 2008). Uno de los corolarios de este enfoque es que es necesario estructurar la información para diferentes contextos empíricos (que controlan las situaciones de aplicación del conocimiento) y conceptuales (Halldén, 1999; Halldén *et al.*, 2008). Un segundo elemento del cambio conceptual desde el enfoque situado alude a que las concepciones previas no son reemplazadas por los conocimientos nuevos (Halldén, 1999; Spada, 1994), sino que se aplican a distintos contextos a través de la organización, el refinamiento y la diferenciación de los contextos de interpretación (Caravita y Haldén, 1994), siendo este un elemento fundamental a tener en cuenta en el marco de un museo.

3.5.2 El conocimiento fragmentado

El enfoque del conocimiento fragmentado, es un concepto útil para el aprendizaje en el museo ya que a partir de estas ideas podemos reflexionar acerca de cómo se estructuran las explicaciones sobre fenómenos variados en el marco de un museo. El conocimiento fragmentado (diSessa, 1993) propone que las explicaciones de los estudiantes acerca del mundo físico no reflejan teorías coherentes y organizadas sino construcciones espontáneas, derivadas de la experiencia. Estos primitivos fenomenológicos o *p-prims* son unidades mínimas de conocimientos, intuiciones básicas, activadas local y automáticamente en respuesta a un contexto en particular y según prioridades de activación, definidos a partir de un modelo conexionista (diSessa, 1993). Los *p-prims* juegan un papel importante en la manera en que los estudiantes ven el mundo, pero no son explicados por otros elementos o teorías dentro de la estructura del conocimiento de los estudiantes. Los estudiantes novatos poseen un conjunto de *p-prims* débilmente organizados en función de los contextos que les permiten entender el mundo y hacer predicciones. Los contextos son definidos como el conjunto de elementos que entran en juego para organizar el conocimiento. Por lo tanto, se pueden construir distintas explicaciones acerca de un mismo fenómeno según los *p-prims* que sean activados (diSessa, 2008). El pasaje del conocimiento intuitivo al conocimiento experto exige la sintonización a través de la experiencia: la prioridad de algunos *p-prims* se establece, disminuyendo la de otros en los contextos específicos. Los contextos de activación se reducen o amplían, algunos contextos dejan de ser contextos de activación por lo que los *p-prim* relativos dejan de activarse. Por último

las personas amplían la estructura de su conocimiento específico. Los *p-prims* pasan a ser estructurados, a re-contextualizarse, a ser explicativos y a conformarse en conjuntos sistemáticos pero no desaparecen sino que se convierten en los componentes intuitivos del conocimiento formal a través de la estructuración de los conocimientos. Si bien no existe un consenso acerca de la medida de cohesión de las ideas previas de los alumnos, siendo ésta una de las preguntas abiertas en el ámbito de la investigación del cambio conceptual (Vosniadou, 2008), la teoría del conocimiento fragmentado parece tener sus limitaciones, ya no llega a explicar la coherencia y persistencia de algunas teorías de dominio registradas en distintas investigaciones con infantes y niños (Benlloch y Pozo, 1996; Carey y Spelke, 1994; Keil, 1989; Wellman y Gelman, 1997). Aun así, encontramos indicios de reestructuraciones de los conocimientos de los alumnos a partir de una visita al museo en el trabajo de Anderson *et al.*, (2003) (revisado en el capítulo 2) en particular en los cambios relacionados con la *diferenciación progresiva* de categorías, la *recontextualización* (en la que el cambio de contexto originaba una modificación del conocimiento del estudiante con respecto al previamente identificado, pero sin que esto implicase una clarificación de significados), la *unión* de concepciones previamente diferentes (los alumnos lograban integrar concepciones inicialmente diferenciadas al explicar un nuevo fenómeno) y la *disociación o abandono* de conceptos identificados en una fase anterior (los conocimientos de los estudiantes evolucionaban en el sentido de superar asociaciones intuitivas por lo que renunciaban a algunos conceptos que no consideraban adecuados).

3.5.3 La contextualidad en el cambio conceptual en el museo

Durante el proceso de cambio conceptual se aprenden las condiciones adecuadas de aplicabilidad (Rodríguez Moneo, 2007) de los conceptos. Aún más, aprender ciencia es adquirir representaciones diferentes para contextos diferentes, saber diferenciarlas y situarlas según las exigencias de distintos contextos (Pozo, Gómez Crepo y Sanz, 1999), punto al que volveremos al hablar del cambio representacional. La referencia al contexto incluye entonces elementos situacionales

(sea la orientación de la tarea pragmática o empírica), cognitivos (para cada tarea son necesarios distintos marcos teóricos) y culturales (los valores y las normas relativos a tareas específicas) (Halldén, 1999; Halldén *et al.*, 2008).

¿Pueden funcionar los museos como contextos de interpretación que utilizan explicaciones científicas? ¿Son los museos espacios donde se habla acerca de la ciencia y donde se encuentran explicaciones inteligibles, plausibles y fructíferas (Posner, *et al.*, 1982)? ¿Son contextos que invitan a relacionar la ciencia con la vida cotidiana y otros conocimientos? Las investigaciones mencionadas en el capítulo 2 parecen responder afirmativamente a algunas de estas preguntas, si bien para algunos públicos son contextos más efectivos que para otros. Los museos son lugares donde el público se pone en contacto con los fenómenos que el museo enmarca y hace sobresalir. El museo recorta algunos de los fenómenos que la ciencia observa para que puedan ser identificados por los visitantes. De esta manera el contexto del museo puede ser apto para identificar fenómenos valiosos para los científicos y los contextos cotidianos relacionados con ellos. Por lo tanto, un módulo efectivo puede provocar resonancias con conocimientos y experiencias de la vida cotidiana. Identificamos igualmente los límites de este argumento ya que en algunos casos los museos presentan fenómenos contra-intuitivos con los cuales los visitantes no se relacionan fácilmente, sin conectarlos con la vida cotidiana y sin poder contextualizar estos nuevos conocimientos. Los museos por su parte sostienen que su objetivo es hacer mostrar nuevos aspectos de los fenómenos familiares y presentar conceptos nuevos. Sin embargo no siempre logran involucrar al visitante y apoyar la exploración y la interpretación de los efectos contra-intuitivos (Gutwill, 2008). Este aspecto del contexto nos guiará en el análisis de las tareas y las actitudes epistémicas que los visitantes adoptan frente a los módulos interactivos.

3.6 EL CAMBIO CONCEPTUAL COMO REESTRUCTURACIÓN DE LAS TEORÍAS

La contextualización presentada en el apartado anterior acentúa los aspectos situados de la actividad en el museo. Sin embargo, al plantear nuestro estudio intentamos considerar aquellos elementos que permitan la discusión y la explicitación

de determinados contenidos y su relación con los conocimientos previos del visitante. Completamos esta revisión del cambio conceptual con tres enfoques que consideran grados de coherencia de las ideas previas del visitante. Mencionaremos la Teoría-marco (Vosniadou y Brewer, 1992, 1994) que sostiene que el cambio implica una reestructuración de las teorías y los modelos mentales del visitante. Analizaremos asimismo el cambio conceptual como un cambio de categoría ontológica (Chi, 1992; Chi, Slotta y de Leeuw, 1994), detallando finalmente el cambio conceptual como cambio representacional (Karmiloff-smith, 1992; Pozo y Gómez Crespo, 1998).

3.6.1 El cambio conceptual como reestructuración de teorías de marco

A diferencia del planteo del enfoque del conocimiento fragmentado, en la teoría de marco las explicaciones iniciales del mundo físico conforman un todo coherente, organizado en teorías. Estas teorías de marco se conforman a partir de la experiencia cotidiana, son confirmadas continuamente por las experiencias y se organizan en un conjunto de presupuestos ontológicos específicos de dominio, no concientes para los niños. El marco conceptual se conforma de presuposiciones (restricciones que conforman la manera en que los niños interpretan sus observaciones). Estas presuposiciones dan origen a las creencias y a los modelos mentales organizados que se han generado a través de la observación directa o a partir de la información recibida por distintos canales culturales. Los modelos mentales son representaciones analógicas, dinámicas y manipulables útiles para generar explicaciones causales y hacer predicciones. Frente a evidencias contrarias, los niños incorporan nuevas ideas a las teorías existentes. El incremento de información se produce en pequeños cambios: en ocasiones estos cambios fragmentan lo que el niño conoce, crean conocimientos inconsistentes unos con otros o crean modelos alternativos - modelos sintéticos (Vosniadou, Vamvakoussi, y Skopeliti, 2008). Estos mecanismos de enriquecimiento pueden ser muy efectivos en distintos aprendizajes pero fallan allí donde la estructura del conocimiento de los niños es incompatible con aquella del conocimiento científico, en cuyo caso es necesario un cambio conceptual a través de la instrucción. Visto de esta manera el mecanismo de cambio conceptual puede involucrar una gradual suspensión y revisión de los supuestos, hasta llegar a la

reestructuración de las creencias de una teoría (Vosniadou, 1994). En aquellos casos, los alumnos podrían desarrollar teorías personales elaboradas como respuesta a sus experiencias en el centro de ciencias, o en otras actividades informales, siendo estos procesos parte de la elaboración de los modelos sintéticos Vosniadou y Brewer, 1994) antes mencionados. El marco de un museo podría brindar conocimientos nuevos en áreas determinadas que apoyen particularmente las categorías de *adición*, *emergencia* y *desarrollo de teorías personales* (Anderson *et al.*, 2003).

3.6.2 El cambio conceptual radical como cambio de categorías ontológicas

Surge la pregunta acerca de si la simple ignorancia de un concepto implica un cambio conceptual por parte del alumno, ya que en ocasiones la adición de un concepto nuevo no entra en conflicto con concepciones preexistentes. Según el enfoque del cambio conceptual de categorías, el cambio conceptual se produce únicamente cuando los conceptos científicos entran en conflicto con conocimientos previos y es definido como el análisis y la diferenciación de las categorías ontológicas (Chi *et al.*, 1994). Los autores distinguen entre creencias, modelos mentales (que son una organización de creencias, similar al enfoque anterior) y las categorías. De acuerdo con esta distinción, no todo cambio conceptual es costoso de la misma manera. Las creencias pueden revisarse explícita o implícitamente. Los modelos mentales, coherentes pero incorrectos, son transformados en forma gradual originada a raíz de la acumulación de revisiones de las creencias. En ambos casos, las concepciones del alumno y las científicas pertenecen a la misma categoría o a una categoría jerárquicamente superior. Por el contrario, las concepciones relativas a categorías ontológicas o laterales diferentes de los conocimientos científicos son robustas y resistentes al cambio. Los autores diferencian entre categorías ontológicas de entidades, procesos y estados mentales y adjudican a cada categoría ontológica ramas paralelas llamadas especies. Algunos indicios del nuevo material despiertan esquemas previos incompletos (Chi, 2008) y solo a través de la instrucción se logra el cambio conceptual radical por el que conceptos asignados a un árbol ontológico determinado pasan a ser asignados a otro árbol ontológico distinto. Esto es posible

cuando las personas toman conciencia del error y han comprendido las nuevas categorías ontológicas y sus características.

Este nivel profundo de cambio conceptual, no es frecuente en el marco de un museo (Allen, 2008) por lo que no identificamos en las categorías mencionadas por Anderson y sus colegas (2003) aquellas que correspondan al cambio ontológico. Aun así, utilizaremos este marco conceptual al analizar las concepciones de expertos y novatos (Chi, Galser, Farr, 1988) y al determinar las limitaciones cognitivas con las que los visitantes se enfrentan al interactuar con los módulos.

3.6.3 El cambio conceptual como cambio representacional

El cambio conceptual visto como cambio representacional está basado en la teoría del desarrollo de Karmiloff-Smith (1992) y ha sido adoptado por Pozo y Gómez Crespo (1998) para describir el aprendizaje científico. El modelo evolutivo de redescrición representacional (Karmiloff-Smith, 1992) menciona cuatro niveles de representación: el nivel Implícito tiene representaciones de carácter procedimental. Estas representaciones son secuenciales y globales y por lo tanto, sus elementos no pueden ser identificados ni manipulados por las personas. En el nivel Explícito 1 las representaciones procedimentales se comprimen en abstracciones, pasando a quedar en la memoria. Por su carácter simbólico, las representaciones del nivel 1 pueden manipularse y ponerse en relación con otras representaciones, pero aún sus elementos no están a disposición de las personas. La posibilidad de acceso a la conciencia y la manipulación se alcanza en los niveles Explícito 2 en el que intervienen otros códigos de representación como los diagramas y gráficos y en el nivel Explícito 3, mediado por el lenguaje. Haciendo un paralelismo entre este modelo evolutivo y el aprendizaje de las ciencias, Pozo (2001, 2003) sostiene que durante el aprendizaje las representaciones de los alumnos pasan por un continuo de niveles implícitos (teorías de dominio o teorías implícitas originadas por las propias restricciones que la mente impone a la adquisición del conocimiento) a niveles explicitados progresivamente. Las representaciones implícitas se activan y recuperan con distintos formatos representacionales (Pozo y Rodrigo, 2001). Por medio del aprendizaje se construyen

estructuras conceptuales más complejas a partir de otras simples y se establecen usos diferenciales para cada uno de los contextos de aplicación (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Los cambios representacionales hacen posibles nuevas formas de conocimiento, manteniendo diferentes sistemas de representación (implícitos y explícitos) para metas o funciones cognitivas diferentes (Pozo, Gómez Crespo y Sanz, 1999).

Este aspecto del cambio representacional se relaciona con las teorías de cognición situada, referidas anteriormente que toman en cuenta los contextos de aplicación de los conocimientos y los sistemas de signos que las personas usan para pensar y hablar de estos conceptos (Nunes, 1999).

El paso del conocimiento implícito al explícito no implica solo superar las restricciones representacionales impuestas por las teorías implícitas.... Requiere también disponer de lenguajes y códigos eficaces para estas nuevas representaciones que dejarían de ser meros vehículos para transmitir o transportar conocimientos, para constituirse en nuevos *formatos representacionales*. (Pozo y Rodrigo 2001, p. 417).

En los niveles de explicitación superiores intervienen los diferentes lenguajes, que posibilitan el acceso, análisis, uso diferencial y la modificación de dichas representaciones por medio de representaciones culturales consistentes (como los sistemas externos o culturales de representación) (Pozo y Rodrigo, 2001). Mencionamos las herramientas culturales en el capítulo 2 y ampliaremos lo relativo a los sistemas de representación externas en el capítulo 4 al referirnos a la cognición distribuida, en la que las representaciones se hallan distribuidas entre las personas y los artefactos.

La teoría del cambio conceptual como cambio representacional hace referencia a los cambios epistemológicos, ontológicos y conceptuales (Pozo y Gómez Crespo, 1998). El aprendizaje de la ciencia implica un cambio epistemológico en el que el conocimiento científico no representa la realidad tal como se ve, sino que es una construcción que nos proporciona modelos alternativos para interpretar la realidad, sin que estos sean parte de la misma. También examinamos los principios ontológicos de

las representaciones. Por ejemplo, mientras los alumnos tienden a representarse el mundo en términos de estados, que describen cómo son o se ven las cosas, la ciencia propone modelos basados en sistemas complejos y dinámicos. En cuanto a los principios conceptuales, un cambio representacional, requiere pasar de la interpretación de los fenómenos en términos de hechos o datos, o de causalidades lineales, a términos de interacción, conservación y equilibrio. Los alumnos dejan de registrar lo que cambia, para considerar lo que permanece. Se incluye asimismo dentro de los cambios conceptuales el paso de relaciones cualitativas a relaciones cuantitativas.

Se identifican, por último, tres niveles de redescrición representacional: el enriquecimiento, el ajuste, y la reestructuración. La reestructuración utilizaría tres procesos (Pozo y Gómez Crespo, 1998):

1. La Reestructuración y construcción de nuevas estructuras implica establecer una nueva forma de organizar el conocimiento que resulta incompatible con las estructuras anteriores.
2. La Explicitación progresiva de las teorías implícitas y la adquisición de sistemas de representación y discurso utilizados por la ciencia son procesos continuos que implican diversos niveles de redescrición representacional basados en códigos de creciente abstracción o formalización.
3. La Integración jerárquica de las representaciones implícitas que siguen teniendo uso en situaciones cotidianas y de las representaciones explícitas del conocimiento científico, de estructura más compleja, con mayor poder explicativo y de generalización.

Nuevamente tomando las categorías de Anderson y sus colegas (2003) podríamos generalizar que la mayoría de las categorías mencionadas implican una redescrición representacional en mayor o menor medida. Más específicamente la *emergencia*, la *diferenciación*, la *unión*, la *re-constextualización* y el *desarrollo de categorías personales* requieren la explicitación y reestructuración de las relaciones entre las distintas representaciones.

De los tres enfoques que presentan al cambio conceptual como reestructuración de las teorías de los alumnos pasamos a desarrollar dos elementos relevantes para el marco del museo: a) la explicitación como mecanismo de cambio conceptual b) la identificación de cambios graduales en el marco de un museo.

3.6.4 La explicitación como mecanismo de cambio conceptual en el museo

El mecanismo de la explicitación (Karmillof-Smith, 1992) permite el aprendizaje de nuevos conocimientos. Los niveles de representación superiores se constituyen en representaciones explícitas y pueden redescibir, re-representar (Chi, 2005) representaciones de niveles anteriores. Estos conocimientos por su grado de explicitación, su mayor grado de formalismo y el hecho de que reposan sobre otros conocimientos simbólicos más básicos, son de adquisición más compleja.

¿Qué contenidos y actitudes se explicitan frente a los módulos? Mencionamos anteriormente que las explicaciones de padres y niños en un museo se diferencian de las explicaciones normativas ya que son breves e incompletas y se desarrollan espontáneamente en situaciones de atención conjunta. Dichas explicaciones individuales no logran provocar un cambio conceptual profundo, pero tomadas en conjuntos pueden fundar las bases para la construcción del pensamiento científico a partir de contextos cotidianos, particularmente al relacionar los nuevos conocimientos con los previos (Crowley y Galco, 2001).

Recurrimos a los tres niveles de explicitación de Dienes y Perner (1999), utilizados para determinar niveles de aprendizaje (Pozo, 2001) que nos ayudarán a considerar niveles y contenidos de explicitación en el museo. Dienes y Perner (1999) distinguen entre la explicitación del objeto, la actitud y la agencia, al identificar procesos implícitos y explícitos a nivel lingüístico. En un nivel básico se mencionan los objetos sin indicar la actitud proposicional de la persona, mencionándose las propiedades y los hechos. La actitud proposicional aparece al establecerse la relación

epistémica con el contenido: mencionar lo que es factible hacer con el objeto o cómo se relacionan dos objetos, nos ofrece indicios de la explicitación de la actitud proposicional. Por último, un nivel más alto de explicitación implica explicitar la agencia, en la que las personas se identifican como agentes de conocimiento y reconocen sus propias representaciones y las limitaciones impuestas por las teorías implícitas que los guían (Pozo,2001). Al explicitar la agencia se hace referencia a la historia personal, y se compara los aprendizajes con aprendizajes anteriores. Este nivel de explicitación ha recibido menos atención en la descripción de Dienes y Perner (Pérez Echeverría y Scheuer, 2009).

En el marco de un museo nos interesa la explicitación de los objetos y de la actitud epistémica, ya que ilumina la relación con el conocimiento, permitiendo no solo representar aspectos del contenido sino también las maneras de conocerlo. Identificamos entonces dos niveles de explicitación en un museo: 1) la explicitación relativa a los contenidos, 2) La explicitación relativa a la actitud epistémica.

La explicitación relativa a los contenidos - La explicitación de contenidos en un museo es valiosa en función de la interacción y la negociación de los significados (Miyake, 2008) por lo que nos interesa identificar los contenidos mencionados en el módulo y aquellos que quedan implícitos. Podríamos de esta manera identificar enriquecimientos y ajustes: registrar por ejemplo, los contenidos mencionados en conductas como identificar, describir y explicar (Borun, Chambers y Cleghorn, 1996) y los principios conceptuales que los sustentan (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

La explicitación relativa a la actitud epistémica - Nos preguntamos nuevamente en qué situaciones se despierta la actitud epistémica y la necesidad de interpretar. Cada vez que nos enfrentamos a un suceso nuevo, meramente discrepante con nuestras expectativas, iniciamos una búsqueda causal, generalmente de naturaleza implícita o automática, con el fin de encontrar información que nos permita predecir y controlar este suceso (Pozo, 1987). Al desviarnos de lo corriente, buscamos significados adicionales. Frente a lo excepcional debemos dar razones, y recurrimos a mundos posibles en los que estos actos cobren significado (Bruner, 1990). Deseamos identificar la actitud epistémica explícita en los intercambios entre los padres y sus

hijos en el museo. La fluidez epistémica se logra por medio de la aplicación de tareas epistémicas relacionadas con el lenguaje (Ohlsson, 1996), entre ellas describir, explicar, predecir, discutir, críticar, evaluar, explicitar (explicar de manera que nuestro interlocutor comprenda) en el contexto de una conversación. Es de esperar entonces que la actitud proposicional pueda ser identificada en los museos. Sin embargo, no está claro que se logre la explicitación de la agencia epistémica, ya que el control de la validación personal es difícilmente explicitado (Miyake, 2008) e investigaciones en museos que intentaron definir categorías similares relacionadas a la expresión de la agencia, han marcado que este tipo de expresiones constituye menos del 1% del total de las conversaciones (Allen, 2002). Identificar las situaciones que despiertan actitudes proposicionales en el marco del museo puede conformar un punto de partida para el diseño de módulos efectivos. Nos centraremos entonces en determinar los contenidos y las actitudes epistémicas ya que queremos determinar las características de los módulos que permitan los tres tipos de interactividad: manual, cognitiva y cultural (Wagensberg, 1998, 2000).

3.6.5 Niveles de cambio conceptual en el museo

Resumimos los niveles de cambio conceptual mencionados por los distintos enfoques de cambio conceptual como reestructuración de teorías y las exigencias que demandan de las personas.

Adición- (Chi, 2008): La acumulación es la forma más simple de aprendizaje, en ocasiones denominada aumento, enriquecimiento (Vosniadou y Brewer, 1987). En este caso se interpretan los nuevos conceptos a partir de conocimientos ya existentes. Las informaciones que son coherentes con los modelos mentales se incorporan y los amplían. El reconocimiento de las dimensiones de cambio de los contenidos (Pozo y Gómez Crespo, 1998) nos será útil para el análisis de las conversaciones y elaboraciones de los visitantes frente a los módulos.

Revisión - (Vosniadou y Brewer, 1987), sintonización, ajuste. Cuando la nueva información contradice las concepciones existentes, el esquema se modifica y evoluciona. Un ejemplo de revisión de conocimiento estaría dado por las

modificaciones en los conceptos y categorías dentro de un mismo árbol ontológico (Chi, 2008). Dichos cambios pueden manifestarse en la jerarquización de conceptos, la introducción de conceptos nuevos y la agrupación de categorías, siendo los procesos que posibilitan este tipo de cambio la generalización y la discriminación (Pozo y Gómez Crespo, 1998). En este caso la revisión se basa en una representación previa, que a raíz de aplicaciones exitosas se especifica y redescrive para poder ser aplicada a nuevas situaciones (Dixon y Bangert, 2002).

Reestructuración: El cambio conceptual radical también llamado fuerte, genuino, extremo, no conservador (Carey, 1991) es definido como la generación de patrones (por medio de analogías) y la inducción de patrones para describir la representación del conocimiento observados en el desarrollo. En esta categoría se incluye la reorganización conceptual de las categorías ontológicas Chi y Roscoe, 2002) estudiada en relación al aprendizaje de las ciencias. Los cambios en este caso son laterales y no jerárquicos, exigen la re-representación (Chi, 2005) o la reestructuración y la integración jerárquica (Pozo, 2001) para dar mayor generalización y poder explicativo. Como hemos mencionado anteriormente, los cambios conceptuales radicales requieren intervenciones específicas de los profesores, llevan tiempo y no siempre tienen éxito (Chi, 2008; Duit, 1999), por lo que no suelen ocurrir en los museos.

Algunos autores consideran que el cambio conceptual propiamente dicho se da exclusivamente en el nivel de reestructuración, mientras que otros incluyen los cambios graduales (la adición y la revisión) dentro de la categoría de cambio conceptual. Particularmente, Chi (2008) sostiene que creencias y modelos mentales son relativamente más fáciles de cambiar que las categorías ontológicas. Según la autora, la revisión de creencias y modelos no corresponde a la categoría de cambio conceptual. Clement (2008), sin embargo, considera adecuado incluir cambios pequeños al definir el cambio conceptual, aludiendo a la preocupación de los maestros por los procesos de adición y revisión del conocimiento, tan frecuentes en el aprendizaje.

Un punto no aclarado aún es la continuidad o discontinuidad entre los cambios más simples de re-representación del conocimiento y las formas más complejas. Por ejemplo la revisión de las creencias en los errores de adjudicación de categorías resulta superficial y no efectiva (Chi, 2008). Por otro lado, varios cambios menores contribuyen a cambios mayores y apoyan la revisión gradual de las concepciones (Clement, 2008) siendo los cambios aditivos y de enriquecimiento paulatino (Vosniadou, 2008). Por último, los procesos de revisión y de redescipción parecen ocupar diferentes lugares en la adquisición de nuevos conocimientos y ser invariantes a lo largo del desarrollo (Dixon y Bangert, 2002; Dixon y Kelley, 2007). Los autores estiman que la redescipción depende de la calidad de la representación, de su estabilidad y de la activación de dicha representación en el curso de la resolución de problemas. Para ser aplicada, la representación debe crearse junto con la coordinación de su aplicación al problema en cuestión. La revisión de teorías, la redescipción y la utilización de estrategias previas forman una cadena en la creación de las representaciones (Dixon y Kelley, 2007).

El reconocimiento de los niveles de cambio conceptual nos es útil para determinar qué tipos de cambios es posible esperar en el marco de un museo pero también nos orienta en el análisis de las dificultades conceptuales que los visitantes enfrentan al encontrarse con los módulos. Por ejemplo, al comparar los conocimientos iniciales de los visitantes con los mensajes ofrecidos por el museo, podremos registrar si las tareas demandan de los visitantes reestructuraciones profundas o pequeños ajustes. Al ser nuestro interés planificar los apoyos que sustentan estos cambios, resumimos a continuación las estrategias que apoyan el cambio conceptual, para utilizarlas luego en el diseño de las tareas en los módulos.

3.7 ¿QUÉ APOYA EL CAMBIO CONCEPTUAL EN LA INSTRUCCIÓN?

3.7.1.Cambios "calientes"

Las características del estudiante, su interés, sea este individual o situacional y algunos aspectos de las tareas influyen en cualquier proceso de cambio conceptual (Pintrich, 1999; Rodríguez Moneo, 1999, 2007; Sinatra y Mason, 2008),

particularmente las creencias de los estudiantes acerca de sus propias capacidades para aprender. Estos efectos deben ser tomados en cuenta en el marco de un museo, ya que los intereses influyen tanto como los conocimientos previos en el aprendizaje en museos (Falk y Adelman, 2003).

3.7.2 Discusión, elaboración, argumentación

La argumentación y la discusión apoyan el cambio conceptual en la instrucción (Hatano, Inagaki, 1991). Los cambios conceptuales pueden darse asimismo en distintas etapas y contextos a lo largo de la vida cotidiana (Miyake, 2008) y no solo en la escuela. Particularmente en la interacción de adultos y niños, ya que al responder a las preguntas de los niños, los padres se ven obligados a entrar en una elaboración colaborativa, beneficiosa para ambos, niños y padres (Miyake, 2008). Por ejemplo, se identifican intercambios en los cuales una persona identifica, propone o confirma, manifestando que comprende los temas elaborados. Por otro lado, los intercambios en los que se crítica o pregunta marcan la incomprensión, articulándose momentos de comprensión e incomprensión durante las conversaciones. Ambos intercambios son relevantes en la elaboración de los significados de los padres y los niños en un museo.

3.7.3 Conflicto/ conflicto moderado

Una de las maneras de trabajar con las ideas previas en la educación formal es a través del contraste de las ideas de los alumnos y las teorías científicas. Por ejemplo, la presentación de un evento discrepante - experimentos, demostraciones o presentación de datos que entran en disonancia con las concepciones de los alumnos (Clement, 2008) conduce a la discusión y elaboración grupal (Inagaki y Hatano, 2008). El contraste directo puede ser efectivo cuando los alumnos descubren por sí mismos las incongruencias de sus modelos y las de los modelos científicos. Sin embargo, los datos anómalos no son siempre efectivos en el aprendizaje, ya que el hecho de presentar un efecto inesperado, sorprendente o anómalo no siempre ha sido efectivo para inducir el cambio conceptual (Vosniadou y Ioannides, 1998).

Concretamente, se describen siete reacciones frente a datos anómalos (Chin y Brewer, 1993): desestimar, rechazar, excluir, dejar en suspenso, reinterpretar, cambiar la teoría periférica y cambiar la teoría, y se insiste en que el efecto de un evento discrepante aislado es limitado (Chin y Brewer, 1998). Por último, la instrucción de la ciencia basada en la elicitación y la confrontación de las ideas previas puede despertar actitudes negativas en algunos alumnos (Stavy, 1991) llevándolos a dudar de sus propias ideas en lugar de tomarlas como recursos de aprendizaje. En el caso contrario, alumnos que se han formado la noción de que las ideas de la física son contra-intuitivas (Brown y Hammer, 2008), separadas del sentido común y la experiencia cotidiana terminan por confiar solo en su conocimiento intuitivo y su experiencia. Este aspecto es de vital importancia ya que en su afán de sorprender los museos utilizan frecuentemente módulos con fenómenos contra-intuitivos en los visitantes. Nos referimos a las distintas posibles reacciones frente al conflicto al estudiar los fenómenos contra-intuitivos en el museo.

3.7.4 Uso de representaciones externas – analogías, modelos y sistemas de representación externa.

Las analogías y los modelos son utilizados por los científicos en la elaboración de sus teorías (Dunbar, 2001; Nersessian, 2008). También los alumnos pueden utilizarlas, aplicando sus conocimientos previos acerca de un proceso o mecanismo para inferir relaciones en un contexto nuevo (Clement, 2008; Dunbar, 2001; Gentner, 1983; Harrison y Treagust, 2000; Justi y Gilbert, 1999; Nersessian, 2008; Rodríguez-Moneo, 1999). Las analogías son utilizadas en la instrucción para apoyar la conformación de modelos explicativos y la modelización realizada por los alumnos. Las analogías son en ocasiones presentadas por parte del profesor para propiciar la modificación sucesiva de los modelos o generadas por los alumnos, en cuyo caso la tarea del profesor es organizar el orden de la discusión para la modelización efectiva (Clement, 2008). Se utilizan también modelos concretos que enfatizan las características visuales de los modelos explicativos y visualizaciones con distinto nivel de abstracción (Harrison y Treagust, 2000; Justi y Gilbert, 1999). El uso conjunto de analogías y modelos limita la abstracción dando ejemplos concretos, realza la estructura concretamente y propicia la abstracción de las características comunes (Clement, 2008). Sin embargo, se han identificado limitaciones en el uso de

las analogías particularmente para las concepciones más complejas por lo que se recomienda utilizar analogías múltiples o series de analogías (*bridging analogies*) (Clement, 1993).

Un caso particular de las representaciones externas son los sistemas de representación externa. El uso extensivo de los sistemas de representación ha sido relacionado con el avance de la ciencia moderna (Olson, 1994) ya que los signos posibilitan, dirigen, y estructuran los conceptos (Nunes, 1999). Vosniadou (2007) relaciona los modelos cognitivos y la cognición situada, rescatando el lugar de las herramientas culturales y proponiendo que las representaciones internas han sido creadas a partir de la interacción con los materiales simbólicos. El uso de múltiples sistemas (Martí y García Milà, 2007) es también fundamental para traspasar los límites de la mente *durante la actividad del sujeto* (subrayado en el original (Nunes, 1999: 79). El cambio conceptual, entonces, se ve apoyado por los sistemas de representación que estructuran, restringen y posibilitan algunas tareas. La interacción de las representaciones internas y externas se ve mediatizada a través de la interacción social. Los efectos de esta interacción con los recursos del entorno (herramientas para pensar) se ven objetivizados en el trabajo de grupo (Shirouzu, Miyake y Masukawa, 2002). Desarrollaremos este punto en el capítulo 4 al hablar del papel de las representaciones externas en la resolución de problemas y en la instrucción y sus implicaciones para el desarrollo de los módulos interactivos.

3.8 CONCLUSIÓN- EL CAMBIO CONCEPTUAL EN EL MUSEO

Esta revisión de los distintos enfoques y de las estrategias didácticas que apoyan el cambio conceptual en la instrucción y en algunos contextos cotidianos nos ha permitido establecer que el cambio conceptual nos brinda un marco útil para identificar la adición y revisión de los conocimientos de los visitantes a un museo ya que los distintos enfoques:

- Incluyen las categorías de Anderson *et al.*, (2003), al ubicar modificaciones y ajustes pequeños de los conocimientos de los visitantes.

- Consideran a la explicitación como uno de los mecanismos que apoyan el cambio representacional: al identificar los conceptos explicitados durante las conversaciones en el museo estaremos identificando los productos y procesos del aprendizaje (Leinhardt y Crowley, 1998).
- Nos permite analizar los cambios conceptuales en función de los principios ontológicos y conceptuales. Por ejemplo, podremos determinar si durante sus conversaciones los visitantes explican los hechos y los fenómenos en función de las propiedades y cambios observables, o si incluyen explicaciones causales más complejas, por ejemplo infiriendo relaciones entre objetos y en algunos casos relaciones cuantitativas.
- Reconoce la función del contexto, particularmente en lo relacionado al uso de sistemas de signos, objetos culturales y de la discusión y la elaboración conjunta. Al aplicar el concepto de contextualidad en el museo podemos enfocarnos en las percepciones de los visitantes de las tareas frente a los módulos y en el uso de modelos y signos- en nuestro caso módulos interactivos que muestran fenómenos y procesos.

De esta manera, al observar las tareas desarrolladas en el museo, captaremos de qué manera los visitantes definen los objetivos del museo y las conductas adecuadas. Recordamos que es necesario establecer una diferencia entre la tarea y el problema y que las creencias del estudiante/visitante acerca de cómo solucionar el problema influyen en la percepción de la tarea y de las normas y valores adecuados a la situación (Halldén *et al.*, 2008) (por ejemplo cuando las tareas del módulo eran interpretadas como lecciones o herramientas (Atkins, Velez, Goudy y Dunbar, 2009). Resumimos en el capítulo anterior varios intentos de determinar los roles que padres y niños adoptan en un museo como también algunas de las conductas observadas frente a los módulos. Nos queda sin embargo registrar las conductas en módulos específicos. Por ejemplo, sería importante registrar si al variar algunos elementos del diseño, los apoyos o los *affordances* logramos influir en la definición de las tareas y por lo tanto en la actividad de los visitantes. Al estudiar secuencias de acción, podríamos ubicar acciones orientadas a implementar un plan o provocar una reacción, junto con acciones que cambian el mundo que nos rodea para simplificar la solución de un problema (Kirsh y Maglio, 1994). Distinguimos de esta manera acciones pragmáticas

que nos acercan a la solución, y acciones epistémicas realizadas para revelar información oculta o difícil de ser computada mentalmente.

En muchas situaciones de la vida cotidiana, la física intuitiva no se ve redescrita por las representaciones culturales, sino por el contrario se ve consolidada, reiterada y distribuida socialmente (Pozo, 2001). Para apoyar la alfabetización científica debemos generar espacios en los que la actividad de hacer ciencia y de hablar de ciencia resulte relevante. Estos nuevos contextos de instrucción pueden promover la suspensión representacional (Pozo, 2001) de las formas de conocimiento cotidiano y la utilización de herramientas culturales para promover la explicitación de contenidos nuevos y la revisión de conocimientos previos. Los museos de ciencias, y específicamente los módulos interactivos, permiten la actividad de los padres y los niños con los fenómenos presentados y pueden ser uno de los espacios dedicados a interactuar con objetos culturales, artefactos cognitivos que apoyen el aprendizaje. Con la disyuntiva expresada en el capítulo 2 acerca de la tensión intrínseca del diseño de módulos interactivos que permitan por un lado clarificar conceptos y por el otro permitir la experimentación del visitante, nos remitimos al capítulo 4 para indagar de qué manera la explicitación de los contenidos no viene a cuenta de la actividad y la investigación frente a los módulos.

Capítulo 4

EL USO DE MÓDULOS INTERACTIVOS PARA PROMOVER EL CAMBIO CONCEPTUAL

4.1 INTRODUCCIÓN

En los capítulos anteriores identificamos aquellos marcos teóricos que guían la investigación del aprendizaje de la ciencia en marcos informales y los procesos de cambio conceptual. En este último capítulo de la reseña bibliográfica intentamos revisar el marco teórico que investiga el aprendizaje apoyado por objetos representacionales, ya esbozada cuando mencionamos el uso de artefactos culturales en el capítulo 2. Utilizamos esta bibliografía para indagar sobre el rol de los módulos interactivos en un museo de ciencias. Comenzamos nuestra reseña con la definición de artefactos cognitivos, que amplía la definición de objetos culturales mencionada en el capítulo 2 (Cole, 1996; Vygotsky, 1978), considerando el papel de los artefactos culturales en la evolución de la cognición moderna (Donald, 1993). Incluiremos a continuación la bibliografía relacionada con los *affordances* y la cognición distribuida (Hutchins, 1995; Salomon, 1993; Zhang y Norman, 1994) para poner en claro cómo se conforman las actitudes epistémicas frente a los artefactos cognitivos. Registraremos finalmente algunas investigaciones relativas al aprendizaje apoyado por las representaciones externas para generar las preguntas acerca del uso de módulos como objetos representacionales en un museo de ciencias.

4.2 LOS MÓDULOS COMO ARTEFACTOS COGNITIVOS

Los módulos interactivos son aparatos que han sido creados por los museos con el fin de representar fenómenos y procesos del mundo que nos rodea. El diseño y la producción de los módulos interactivos requieren una toma de decisiones,

particularmente acerca de los mensajes a transmitir y de los medios para transmitirlos. Los módulos interactivos pueden ser caracterizados como artefactos cognitivos externos (Zhang y Patel, 2006) que guían las conductas inteligentes de las personas. Los artefactos cognitivos son objetos físicos hechos con el propósito de ayudar, mejorar o aumentar la cognición (Hutchins, 2001). Si bien no hay un consenso amplio acerca de cómo delimitar la categoría de los artefactos cognitivos, los casos prototípicos son claros: una cinta atada al dedo como recordatorio, un calendario, una lista de compras, y un ordenador. Sin embargo, la categoría está rodeada por áreas grises consistentes de artefactos sociales o mentales como proverbios y estrategias nemotécnicas (Norman, 1993) o el comportamiento de otros actores en un ambiente social. El concepto de artefacto cognitivo apunta no tanto a una categoría de objetos, sino más bien a una categoría de procesos que producen efectos cognitivos (Hutchins, 2001).

En esta categoría amplia de los artefactos cognitivos podemos incluir a los módulos interactivos ya que como mencionábamos al hablar de la interactividad, la interacción con los módulos es manual, cognitiva y cultural (Wagensberg, 1998). Sin embargo, nos interesa particularmente la categoría de los módulos como objetos representacionales ya que al ser considerados como representaciones, tomamos en cuenta que son objetos convertidos en una representación externa por medio de un acto de representación (Tolchinsky, 2003), en este caso, de los diseñadores del museo. Intentamos identificar las características de los artefactos cognitivos de manera general, incluyendo a los objetos culturales y los sistemas de representación externa, si bien entendemos que los módulos interactivos no conforman un sistema organizado como otros sistemas notacionales, numéricos o alfabéticos (Martí, 2003; Olson, 1994; Teubal, Dockrell y Tolchinsky, 2006; Tolchinsky, 2003). Pero antes de adentrarnos en la caracterización representacional de los módulos pasamos a revisar algunas teorías que nos servirán para entender el rol de los artefactos cognitivos. Empezamos por la teoría de Merlin Donald (1993) que identifica el efecto de los sistemas de representación externa en el desarrollo filogenético.

4.3 LA FUNCIÓN DE LAS REPRESENTACIONES EXTERNAS EN LA COGNICIÓN

Desde el punto de vista del desarrollo cultural de la cognición humana, la teoría de la evolución de la mente propuesta por Donald (1993) toma en cuenta la función de las representaciones externas en la cognición, en la comunicación y la memoria. Este autor propone un marco para interpretar las relaciones entre los sistemas culturales y los sistemas de memoria, resumiendo tres etapas de la representación, e identificando saltos cualitativos en los pasajes de una otra. En una primera etapa del desarrollo de la mente humana, la acción conjunta de las personas conviviendo en sociedad, permitía la comunicación no siempre deliberada, a partir de la cual los co-participantes extraían significados. Esta primera forma de representación es denominada como memoria episódica y se basa en acciones y procedimientos. La comunicación gestual (mimética) conforma el primer salto cualitativo (Donald, 1993): en esta etapa, anterior al lenguaje, las personas usan gestos para coordinar las acciones que realizan conjuntamente. Las acciones se estilizan y se convierten en sistemas de comunicación. En un estadio siguiente surge el habla que genera la memoria mítica, basada en las narraciones orales. El habla permite planificar y reflexionar sobre la actividad conjunta, y la comunicación permite la ampliación de la memoria y la posibilidad de referirse a emociones y a acciones pasadas y futuras. La última transición nos interesa en particular ya que es la que permite la producción y el uso de nuevas clases de registros externos de memoria y la producción de artefactos simbólicos, generando la mente teórica. Esta última transición es tecnológica (Donald, 1993, p. 745) a diferencia de las transiciones biológicas anteriores. Las nuevas representaciones visuales conllevan la invención de sistemas gráficos complejos, sistemas numéricos y sistemas de escritura que permiten la comunicación a distancia y a través del tiempo. La invención de los sistemas de representación externa implica la ampliación de la memoria y el desarrollo de nuevas habilidades. Por ejemplo, se menciona el rol de las representaciones externas en la producción y difusión de teorías. Estas representaciones permiten corregir los significados expresados, dirigirlos a otros, continuando el debate y el desarrollo de las ideas. Las nuevas propiedades de los sistemas de almacenaje colectivo y de las capacidades de recogerlas del entorno, apoyan el desarrollo concomitante de las funciones cerebrales de las personas capaces de utilizar estos sistemas externos, la

plasticidad de la mente y el nuevo lugar de la memoria biológica frente al uso masivo de la memoria externa.

La teoría de Donald, relaciona orgánicamente el desarrollo de la cognición con las representaciones externas, detallando la manera en que estas últimas estructuran la cognición humana. Asimismo, menciona que el desarrollo no ha concluido ya que los argumentos acerca del desarrollo continuo de la cognición se ven reforzados por los estudios, en los lugares de trabajo con ordenadores. En esta línea de pensamiento, el análisis de Olson (1994) también ha sugerido que la escritura posibilita la objetivación del lenguaje que al ser objeto de la representación contribuye al desarrollo de las habilidades del pensamiento formal. La escritura no es una transcripción del habla ni una extensión del lenguaje; la escritura es un sistema de representación que proporciona las categorías necesarias para la introspección de las estructuras implícitas del habla (Olson, 1994). La escritura no es una copia del referente sino una y traducción semiótica de acuerdo a ciertas reglas (Pérez Echeverría, Martí y Pozo, enviado a revisión) de esta manera la escritura y cualquier otro tipo de sistema de representación externa permite funciones pragmáticas con el fin de ampliar y extender la memoria pero acarrea asimismo funciones cognitivas, epistémicas nuevas formas de operar sobre los mundos simbólicos. El rol de los sistemas de representación externa y de los objetos representacionales influye, entonces, en el desarrollo y en el comportamiento cognitivo.

Tomando como base la teoría de Donald proponemos distintos niveles de interacción con los módulos interactivos en un museo. Interactuar con los módulos respondiendo a los *affordances* correspondería a un primer nivel mimético de interacción. La acción del sujeto es entonces rítmica y adaptada, puede ser repetida pero es inaccesible, ya que no cuenta con la memoria capaz de registrarla. Las personas reaccionarían a los *affordances* del medio de manera directa. Poder darle nombre a la acción y los conceptos, conformaría un segundo nivel de interacción, esta vez simbólico que permitiría establecer relaciones entre acciones y significados, creando narraciones y explicaciones (pensamiento narrativo en el lenguaje de Donald). Estos significados podrían ser usados para comunicar e interactuar no solo con los módulos sino también con las personas para dialogar. Pero sería la memoria

externa la que finalmente admitiría usar el módulo como artefacto cognitivo, pudiendo las personas crear y comunicar conocimientos. Es en estos dos últimos niveles de interacción donde la mediación de los adultos puede promover y apoyar los aprendizajes, aclarando las metas de los módulos, mostrando regularidades y relacionando las acciones de los niños con las intenciones del museo. Para dar cuenta de los niveles de interacción con objetos representacionales en los museos desarrollamos en el apartado siguiente el concepto de *affordances*, relacionado con la medida de estructuración del entorno ya antes citado en relación al desarrollo de los módulos interactivos.

4.4 LOS OBJETOS COMO ARTEFACTOS COGNITIVOS- LOS AFFORDANCES

La teoría de percepción ecológica de James Jerome Gibson (1979) ha tenido una vasta influencia en la manera en que entendemos la percepción visual. En su teoría de la percepción ecológica, Gibson identifica índices del medio (*affordances*), configuraciones ópticas, invariantes temporales y espaciales del ambiente que indican posibilidades de acción. Estos valores y significados externos (Gibson, 1979, p.27) son percibidos directamente, sin procesamiento sensorial. El producto de esta percepción no es una representación interna de la persona sino la percepción directa de las propiedades objetivas del medio. Los *affordances* son holísticos: Lo que percibimos cuando miramos un objeto son las distribuciones ópticas que el medio ofrece (las sustancias, las superficies y los objetos) y no sus propiedades físicas o su dimensión.

Los *affordances* se definen en relación con el mundo animal (los animales identifican un lugar para caminar al ver una superficie plana extendida delante de sus ojos y un refugio al ver una superficie cerrada). Gibson (1979) hace mención asimismo de artefactos culturales, por ejemplo un buzón de correo, pero no desarrolla esta idea. Los *affordances* son descriptos en contraposición a las valencias de la psicología de la Gestalt y se insiste en que los *affordances* no varían según las necesidades de las personas, mientras que las valencias se modifican en relación a ellas. Los *affordances* son propiedades objetivas del medio, independientes de las

capacidades de la persona para reconocerlos, pero siempre relacionados con una persona determinada: un adulto concibe trepar por unas escaleras, pero un bebé pequeño no percibe esta posibilidad. Los *affordances* implican complementariedad entre el observador y su ambiente cobrando sentido desde el punto de vista de las personas. La definición de *affordances* ha sido retomada y ampliada en el campo de la cognición distribuida (Greeno, 1979; Zhang y Norman, 1994; Zhang y Patel, 2006). Greeno (1994) hace hincapié en la interacción de las personas con el medio y define a los *affordances* como precondiciones de la actividad en la forma de condiciones y restricciones. Al referirse a objetos culturales del medio, considera estados mentales de reconocimiento no mencionados en la teoría original de Gibson. Por ejemplo, los símbolos percibidos son reconocidos por las personas y no solo percibidos.

El término de *affordances* fue adoptado por Norman (1988) y aplicado al análisis de la interacción de las personas con objetos cotidianos. (Recordamos que hicimos referencia a la influencia de este enfoque al hablar del diseño en museos de módulos que posibiliten la recepción inmediata.) Este autor toma en cuenta además de las características físicas de los objetos a las metas, los planes, los valores, creencias y conocimiento en la interacción con objetos culturales. Norman habla de *affordances* físicos que llama *affordances* percibidos y de *affordances* socio-institucionales o culturales -que muchas veces son restricciones que indican qué es lícito hacer y qué no con los artefactos. Los *affordances* influyen en la resolución de problemas (Zhang, 1997), ya que algunas veces la información perceptiva interviene en el proceso positiva o negativamente y oculta la estructura abstracta del problema a solucionar. Zhang y Patel (2006) definen a los *affordances* en conjunción a las restricciones entre las personas y los distintos medios de acción. En su lista incluyen:

Affordances biológicos - basados en procesos biológicos. Por ejemplo, los animales distinguen un hongo comestible de un hongo venenoso.

Affordances físicos - limitados a tareas restringidas por estructuras físicas: una superficie plana vertical en una puerta puede ser empujada

Affordances perceptivos entre los que se incluyen los mapeos espaciales. Por ejemplo: Si los interruptores de una cocina se hallan organizados en la misma distribución espacial que las hornallas, será más fácil establecer la relación de unos con otras.

Affordances cognitivos o convenciones culturales, por ejemplo un cartel de "Pare". Si bien los símbolos no son *affordances*, en algunos casos son percibidos de esta manera lo que los vuelve eficaces.

Affordances mixtos: que combinan varios tipos de *affordances*. El buzón, mencionado por Gibson, responde a las categorías de *affordances* físicos y culturales.

La teoría de los *affordances* ha sido ampliamente utilizada en el diseño de artefactos, y ordenadores. Concretamente, se postula que un buen diseño hace explícitos algunos *affordances* y oculta otros. El marco ampliado de los *affordances* nos permite identificar las tareas y funciones que las personas perciben directamente y nos ayudan a definir más puntualmente las entidades y los elementos ofrecidos al visitante para la manipulación de módulos interactivos. Sin embargo, aún debemos comprender cómo reaccionarán padres y niños frente a los *affordances* de los módulos ¿Percibirán acaso diferentes *affordances* en función de su conocimiento previo? Por último, reiteramos nuestro interrogante acerca de cómo estructurar *affordances* cognitivos (Zhang y Patel, 2006) que apoyen actitudes epistémicas. Para este último punto y teniendo en cuenta las características de las personas que entran en interrelación con el entorno, estudiaremos de qué manera características del diseño de los módulos despiertan conductas epistémicas que veríamos reflejadas en aquellas acciones (Kirsh y Maglio, 1994) y actitudes relacionadas con la percepción, el control, las pruebas y las verificaciones orientadas a la comprensión (Lorini y Castelfranchi, 2004). Buscamos por tanto convertir a las representaciones externas del módulo en *affordances* epistémicos que encaucen y reestructuren la interacción con los módulos interactivos, permitiendo la interactividad manual, cognitiva y cultural mencionada en el capítulo 2, por lo que nos remitimos a las teorías de la cognición distribuida que detallan de qué manera interactúan las personas con los artefactos cognitivos.

4.5 LOS OBJETOS COMO ARTEFACTOS COGNITIVOS - TEORÍAS DE LA COGNICIÓN DISTRIBUIDA

La siguiente cadena de interacción es frecuente en los museos: los visitantes deben múltiples veces a lo largo de una visita, aprehender cada nuevo módulo,

descifrar las instrucciones, guiar a los niños hacia las experiencias claves, confirmar resultados y realizar los ajustes necesarios para apoyar el aprendizaje de sus hijos Allen, 2004). La teoría de la cognición distribuida (Clark, 1997; Hutchins, 1995; Kirsh, 2006; Norman, 1988; Salomon, 1993; Zhang y Norman, 1994) nos ayuda a entender esta cadena de interacción. Esta teoría sustenta que la actividad cognitiva es el producto de la interacción de las personas con otras personas y con objetos culturales de mundo circundante y que la cognición se distribuye entre las mentes de las personas, los artefactos de cognición externa y a través del espacio y del tiempo (Hollan, Hutchins y Kirsh, 2000). La unidad de análisis de la cognición distribuida es el sistema cognitivo distribuido. Hutchins (1995) analizó particularmente la navegación en Micronesia y postuló que los sistemas distribuidos poseen propiedades que difieren radicalmente de las propiedades cognitivas de sus componentes y que dichas propiedades, no pueden ser inferidas a partir de las propiedades individuales. Un sistema distribuido es, por ejemplo, un puesto de pilotaje, en el que se observan procesos de cooperación y colaboración entre los diferentes elementos portadores de conocimiento: el piloto, sus instrumentos de navegación y la torre de control. En esta línea de trabajo se analizan los espacios problema, las tareas y su representación en el entorno (Simon y Hayes, 1976). Dos problemas pueden ser similares en su estructura abstracta similar y no presentar la misma estructura externa. A partir del análisis representacional de la estructura de un problema es posible caracterizar representaciones isomórficas (aquellas que comparten la misma estructura básica, pero manifiestan externamente las reglas y las restricciones de la distinta manera) (Zhang y Norman, 1994).

El análisis de la cognición distribuida se extiende más allá de la solución efectiva de problemas e incluye el aprendizaje físicamente distribuido en el que se estudian, entre otros, el aprendizaje con materiales estructurados (Martin y Schwartz, 2005). Este aprendizaje posee características similares al aprendizaje con módulos interactivos. Por ejemplo, se definen distintos tipos de interacción con materiales estructurados (Schwartz y Martin, 2006):

a. Inducción Cuando las personas no tienen ideas estables e interactúan con un material, el entorno estable puede ofrecer *feed-back* y restricciones que encaucen a una correcta interpretación. Estas consistencias permiten descubrir las regularidades

estructurales del entorno. El entorno no cambia su estructura básica durante la manipulación por lo que, en determinadas circunstancias, conduce al aprendizaje por inducción. Incluiríamos en esta categoría a los módulos de descubrimiento planificado, que marcan un itinerario de descubrimiento estructurado por el museo: elementos a observar pre-determinados, descripciones claras y orientadas a conceptos específicos.

b. Sintonización simbiótica: En este tipo de interacción, personas con conocimientos estables manejan entornos estables, lo que resulta en la posibilidad de distribuir la cognición entre las personas y entorno (Zhang y Norman, 1994). Esto conduce a una mayor eficiencia e interdependencia, ya que las personas no logran realizar sus actividades sin el entorno. Los aprendizajes son entonces dependientes y situados en el contexto. Los autores ubican en esta categoría a la cognición distribuida (Hutchins, 1995). El aprendizaje a partir de este tipo de interacción consistiría en la eficacia creciente para manejar el entorno y se podrían observar acciones pragmáticas y epistémicas orientadas a simplificar la tarea o el problema para optimizar nuestros recursos cognitivos (Kirsh y Maglio, 1994). Este tipo de interacción podría darse con módulos conocidos en los que los visitantes desarrollan distintas habilidades. Estos módulos no sorprenden a los visitantes pero, aun así, permiten actividades satisfactorias, tanto de padres como de niños.

c. Re-definición de la propuesta: En situaciones en las que personas con ideas estables interactúan con entornos no definidos, las personas logran cambiar el entorno para implementar sus ideas y conseguir sus metas (Kirsh, 1996). Identificamos aquí la interacción de los adultos con conocimientos previos que frente a un módulo abierto conforman configuraciones determinadas de acuerdo a las restricciones del módulo pero con metas claras, en general orientadas a la demostración de conocimientos a sus niños.

d. Aprendizaje físicamente distribuido: Al ser el entorno y las ideas adaptables, pueden surgir reinterpretaciones que apoyen el aprendizaje de ideas abstractas. La reinterpretación es en general difícil, pero la manipulación ayuda a las personas a adaptar el entorno, facilitando la re-interpretación de lo observado. Este nivel de interacción permitiría el aprendizaje y la redescipción representacional, mencionada en el capítulo anterior, ya que la mutua adaptación facilitaría la reinterpretación. Relacionamos este tipo de interacción con las manipulaciones

exploratorias de niños y adultos al acercarse a un módulo interactivo, definidas particularmente en los módulos de participación prolongada (APE) (Humphrey y Gutwill, 2005). La oportunidad de adaptarse al entorno permite el desarrollo de una nueva interpretación que apoya el aprendizaje y prepara a los aprendices para la transferencia a nuevos entornos (Schwartz y Martin, 2006). Al adaptar sus entornos, las personas identifican las estructuras adaptables y nucleares para completar la tarea. La consecuencia hipotética es que de esta manera serán capaces de encontrar o imponer estas estructuras a nuevos entornos, diferentes del contexto de aprendizaje original. La adaptación mutua prepara a las personas para ser menos dependientes del entorno inmediato y más propensos a la adaptación y la reinterpretación al afrontar nuevos entornos (Martin y Schwartz, 2005).

4.6 REPRESENTACIONES EXTERNAS Y REPRESENTACIONES INTERNAS

Hasta ahora hemos considerado distintas teorías de la cognición y la percepción, haciendo hincapié en las características del medio y de las representaciones externas. No es nuestra intención establecer una relación exacta entre las representaciones internas y las externas, pero consideramos importante asumir de acuerdo con muchos investigadores de la cognición, la existencia de algún tipo de representación interna de las personas. Más aún, los investigadores mencionan expresamente que las representaciones internas y las externas no son equivalentes (Martí y Pozo, 2000; Schnotz y Lowe, 2003; Tolchinsky, 2003; Zhang, 1997). Las representaciones externas son configuraciones concretas, despliegues espacio-temporales y estructuras simbólicas que corresponden a mecanismos biológicos, al psiquismo del organismo, a sistemas perceptivos y estructuras y procesos cognitivos (Hutchins, 1995). Las representaciones internas son en ocasiones definidas como modelos mentales (Gentner y Stevens, 1983; Jonson-Laird, 1983; Norman, 1983) que influyen la manera en que comprendemos la información. Nos interesa la distinción entre modelos mentales de las personas que usan los objetos representacionales y los modelos mentales del diseñador (Norman, 1988), del científico o del profesor que esbozamos al hablar del diseño de los módulos interactivos y que retomaremos al

plantear el análisis de los módulos interactivos y los mensajes que se desea transmitir. Nuestro acento en las representaciones externas nos hace concentrar en la manera en que las personas las utilizan: las representaciones externas pueden ser percibidas directamente, activando de esta manera, operaciones perceptivas y ofreciendo información que determina las acciones de las personas. Sin embargo, en algunas ocasiones, la interacción con el medio se ve entorpecida por el conocimiento previo; de esta manera las representaciones internas de las personas facilitan o inhiben procesos perceptivos (Zhang, 1997).

Resumimos a continuación las distintas funciones de las representaciones externas (RE):

Las RE alivian la carga cognitiva (Scaife y Rogers, 1996) al permitir acciones en tiempo real. Por ejemplo, las RE:

- Proveen ayudas para la memoria a corto y largo plazo y de esta manera amplían la memoria (Zhang, Johnson, Malin y Smith, 2002), ofreciendo índices externos que de otra manera deberían ser retenidos en la memoria y permitiendo hacer cálculos sin tener que recordarlos (Suwa y Tversky, 2002).
- Proveen información que es percibida directamente sin ser necesariamente explicitada e interpretada explícitamente. Además, ofrecen índices visoespaciales para extraer información de la memoria a largo plazo, evocando información que de otra manera no sería recordada (Cox, 1999; Zhang y Norman, 1994).
- Apoyan interacciones en tiempo real, y conformar un "espacio-problema" durante su producción (Cox, 1999; Tolchinsky, 2003). Por ejemplo, detienen el tiempo y apoyan el ensayo perceptual al hacer visible información invisible y reordenando la información espacialmente (Cox, 1999).
- Promueve el descubrimiento y la inferencia visoespacial y metafórica permitiendo establecer juicios basados en propiedades observables como tamaño, distancia, dirección, proximidad, contacto, alineamiento (Suwa y Tversky, 2002). La percepción no es periférica sino integral en el proceso de solución de problemas.

Otra función de las RE es reestructurar el comportamiento cognitivo. De esta manera las RE:

- Estructuran y determinan el comportamiento cognitivo al ser usadas en solución de problemas, razonamiento y toma de decisiones (Cox, 1999; Zhang, *et al.*, 2002; Zhang y Norman, 1994).
- Cambian la naturaleza de la tarea, generando secuencias de acción eficientes, limitan y estructuran las posibilidades de acción, facilitando algunas y anulando o proscribiendo otras (Zhang y Norman, 1994). Problemas de igual estructura abstracta pero diferentes en cuanto a las representaciones externas (y las representaciones internas requeridas en la interacción) son distintos desde el punto de vista de las personas.

Por último, las RE Limitan- la abstracción:

- Restringen la abstracción, limitando las inferencias posibles a partir de la representación (Stenning y Oberlander, 1995). Módulos concretos abstractos reducen abstracción y orientan a inferencias específicas. Incluimos en esta categoría las diferentes inferencias posibles a partir de diagramas estáticos o dinámicos (Schnotz y Lowe; Tversky, Bauer-Morrison y Bétancourt, 2002) y recordamos las distintas explicaciones que los padres ofrecían a los niños frente a módulos diagramáticos o módulos con platos y animales (Eberbach y Crowley, 2005).

Algunas funciones mencionadas anteriormente se interrelacionan y complementan, vinculando el aspecto computacional con los beneficios cognitivos, la re-representación con las propiedades estructurales y las limitaciones gráficas a posibles mecanismos de procesamiento (Scaife y Rogers, 1996).

Un concepto útil para entender el uso de las RE es el de determinación representacional (Zhang, 1997), que establece que la información percibida, los

procesos activados y las estructuras recuperadas a partir de dicha representación (externa) son determinados por los formatos de una representación. Así, al identificar la estructura de un problema, identificamos los elementos, sus dimensiones, las reglas y la estructura del espacio del problema (todos los posibles estados y operaciones, restringidas por las reglas) (Zhang y Norman, 1994). Las reglas externas no son explícitas sino que funcionan como restricciones de la configuración. Cuanto más externalizadas hayan sido las reglas, más fácil resultará el problema ya que las personas podrán verificar las reglas antes de cada turno.

Completamos esta revisión con la investigación acerca de los sistemas de representación externa (SRE) investigados en relación a la enseñanza. Buscamos identificar aquellas características comunes a los SRE y a los módulos interactivos, particularmente en su categoría de objetos para pensar (Tolchinsky, 2003). Nos concentramos en el uso de los modelos en el aprendizaje, mencionados en el capítulo anterior, dadas las probables similitudes entre los mecanismos de aprendizaje a partir de modelos y módulos.

4.7 USO DE LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN EXTERNA (SRE) EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

El uso de las representaciones externas es parte del quehacer científico y de la comunicación científica (Pawles, 2006). Las publicaciones científicas incluyen fotografías, diagramas y gráficos que no solo funcionan como ilustraciones sino que pasan a ser objeto de estudio acerca de la manera en que los científicos transforman sus especímenes en datos para ser analizados. Aún más, las convenciones para producir estas representaciones reflejan la organización de las disciplinas y los objetos naturales y sus relaciones (Lynch, 2006). Los diferentes formatos representacionales ponen a la vista propiedades diferentes del mundo y permiten nuevas comprensiones de la realidad (Olson, 1994). El hecho de que las representaciones sean permanentes, permite el desarrollo de las ideas y las teorías.

A partir del reconocimiento del rol de las representaciones en el quehacer científico, se observa un consenso en el campo de la enseñanza de las ciencias acerca

de la importancia del uso de una variedad de sistemas semióticos durante el proceso de construcción de los significados de la ciencia en el aula (Andersen, Scheuer, Pérez Echeverría, y Teubal, 2009; Cox, 1999; Gilbert, 2005; Gilbert, Reiner, y Nakhleh, 2008; Lemke, 1990; Mayer, 2003; Ogborn, Kress, Martins, y McGillicuddy, 1996; Postigo y Pozo, 2000; Schnotz y Bannert, 2003). Se han realizado asimismo intentos de comparar distintos sistemas de representación externa para identificar las propiedades comunes de los distintos sistemas (Andersen *et al.*, 2009): algunas clasificaciones incluyen representaciones gestuales y de movimiento corporal, lenguaje oral, dibujos, mapas y gráficas, lenguajes escritos, sistemas numéricos y algebraicos (Pérez Echeverría y Scheuer, 2009). Otras (Martí, 2003) dejan de lado los gestos ya que consideran solamente aquellos sistemas con independencia temporal. Más allá de la clasificación, los estudios buscan registrar las funciones de los sistemas de representación, su uso y producción en la enseñanza. Se identifica por ejemplo que algunos diagramas son más efectivos que los textos Larkin y Simon, 1987), que las animaciones no siempre son más eficaces que los diagramas (Tversky *et al.*, 2002) y que los sistemas descriptivos han tenido efectos diferentes en expertos y novatos en relación al acceso y la elaboración de nueva información (Cook, 2006; Goldman, 2003; Seufert, 2003).

Resumimos a continuación las características de los sistemas de representación externa (SRE), mencionando de qué manera los módulos interactivos responden a cada una de las propiedades.

1. Los SRE son medios de representación visuo-espaciales (Martí, 2003) y conforman un dominio propio que se diferencia de los gestos y el habla por su carácter externo y permanente. Los SRE son utilizados en la comunicación y son producto de necesidades sociales.

Los módulos interactivos entrarían dentro de esta categoría ya que como mencionamos anteriormente son artefactos cognitivos (Hutchins, 2001). En general son objetos o aparatos concretos, que incluyen **modalidades** de representación (visual, táctil, auditiva, kinestésica), en algunos casos incluyen **palabras**, marcas y señales, textos, imágenes, representaciones gráficas diversas.

2. Una vez acabados, los SRE son **productos independientes** del proceso de producción pero que conservan la información de este proceso. Esta información es interpretada por nuevos observadores (Martí, 2003; Tolchinsky, 2003) que reconstruyen el significado a partir de las marcas, muchas veces en ausencia de informaciones relevantes acerca de su producción (Martí y Pozo, 2000; Pozo, 2001).

Los módulos interactivos son asimismo, **objetos** con permanencia, independientes del contexto para su interpretación, portadores de intencionalidad explícita o implícita. En un museo los mensajes deben ser interpretados por una amplia variedad de público. El proceso de reconstrucción no impone una lógica estricta y secuencial, si bien se ve regulado por las restricciones del diseño. El mismo contexto del museo influye en esta interpretación y en la reconstrucción de la actitud proposicional de quién los creó.

3. Los SRE poseen carácter permanente y exigen un soporte material, al ser objetos y no acontecimientos permiten llenar brechas temporales, las representaciones producen informaciones que no dependen de la memoria. Su carácter **objetivable y saliente y el hecho de constituyan objetos** procesables es, en ocasiones, un obstáculo para acceder a su carácter representacional (Pozo, 2001).

Los módulos interactivos son en ocasiones ignorados y tomados como objetos reales, si bien son modelos idealizados, ejemplares tridimensionales simplificados que visualizan fenómenos en el mundo (Gilbert, *et al.*, 2008). Los módulos interactivos conllevan una preponderancia del aspecto funcional (hay que hacerlos andar), son fáciles de utilizar dada su similitud con los aparatos conocidos y el *feed-back* es inmediato. No siempre están orientados al uso crítico, requieren un trabajo de reflexión y de conocimiento sistemático del medio, algo improbable sin la participación de una persona experta, o de un adulto en el marco de un museo. Al sobresalir como objetos, no siempre son vistos como representaciones. Por esta misma naturaleza dual (Deloache, 2000; Martí, 2003) de ser objetos y de representar, los módulos no deben ser considerados como medios transparentes.

4. **Las SRE constituyen sistemas organizados**, pero no son sistemas fácilmente interpretables (son en realidad sistemas opacos) (Martí, 2003).

Los módulos interactivos no conforman un sistema con sintaxis ya que las unidades que los constituyen no están organizadas siguiendo determinadas reglas formales. Podemos concebirlos como representaciones ad-hoc, similar a lo que sucede con los dibujos que establecen correspondencias entre propiedades geométricas y espaciales del referente con las del representante.

5. Cada sistema **introduce sus restricciones** y sobre todo tiene determinadas consecuencias en la forma de distribuir las informaciones explicitadas externamente - visibles, directamente perceptibles y las informaciones internas implícitas - que han de ser elaboradas y almacenadas en la memoria (Martí y Pozo, 2000). La utilización del espacio distingue unas representaciones de otras. Propiedades espaciales como la linealidad, la proximidad, la continuidad el tamaño o la inclinación son importantes al dar cuenta de las características del sistema (Martí, 2003).

Los módulos interactivos son objetos o utilizan objetos: su disposición, organización espacial responde a las propiedades de los propios objetos. Las restricciones son las mismas limitaciones físicas de los objetos. Además los módulos interactivos incorporan apoyos (marcas carteles y objetos representacionales - videos o fotografías que son en sí mismas representaciones externas).

Dentro de los sistemas de representación, los módulos interactivos se asemejan particularmente a los sistemas de representación figurativa tri-dimensional (Martí, 2003) y en parte a la de sistemas pictóricos (Schnotz y Bannert, 2003) que seleccionan algunas de las relaciones espaciales del referente y las plasman en el sistema representativo de marcas. A partir de elementos icónicos es posible extraer información de las relaciones de las entidades. A diferencia de otras representaciones que muestran lo abstracto sacando los detalles, los módulos dan cuerpo a ideas intentando concentrarse en lo esencial de los fenómenos. Al hablar de los módulos consideramos entonces la **iconicidad** (o representación motivada- (Pérez Echeverría,

et al., enviado a revisión) y nos referimos a los grados de analogía o arbitrariedad de las representaciones.

Los SRE y su impacto en el aprendizaje han sido objeto de estudio solo recientemente (Martí y Pozo, 2000). Específicamente, podemos resumir que:

1. Cada uno de los sistemas debe ser adquirido, ya que no existe una única función semiótica, suficiente para explicar la adquisición ulterior de los distintos sistemas de representación. Cada sistema exige una re-construcción re-invencción, más que una adquisición (Martí, 2003).

2. Para adquirirlos hay que explicitarlos e implicarlos

La adquisición de los SER implican procesos de reconstrucción de los sistemas de representación, y la posterior interiorización e incorporación (Pozo y Flores, 2007): al ser objetos simbólicos complejos que reposan en códigos arbitrarios y que suponen una red de relaciones conceptuales implícitas su reconstrucción por parte de los alumnos es laboriosa. En el proceso de adquisición de los SRE, la persona deberá reconstruirlos a su manera forjándose teorías sobre las representaciones externas. Esta construcción individual se verá íntimamente ligada, sobre todo a partir de cierto nivel de adquisición, a determinados procesos de enseñanza y aprendizaje que guiarán a los niños en su adquisición. (Martí, 2003, p. 27). Desentrañar el significado de las representaciones externas y saber utilizarlas como instrumentos exige un trabajo que consiste en tomar conciencia.

3. Hay evolución del uso de los objetos representacionales desde la infancia a la edad escolar. Para establecer la capacidad de niños pequeños para reconocer un objeto - una maqueta- como una representación del espacio real - el cuarto- DeLoache (2000) pidió a niños de distintas edades que usaran una representación como fuente de información para encontrar un muñeco. Se observó una abrupta transición evolutiva en el proceso de tratar a la representación como algo en si mismo (un dibujo o un modelo) a interpretarla el significado simbólico acerca de la localización de objetos. Entre el segundo año y tercer año, seguramente favorecido por las relaciones de similitud entre

modelos y referente, los niños pudieron utilizar a los modelos para ubicar los objetos. Pero además de poder utilizarlos como base de razonamiento, los niños deben observar no solo que la representación se halla en lugar de otro objeto o acontecimiento (que lo representa en sentido general) sino que han de entender que lo representa de forma específica según una determinada manera prescripta por las propiedades de los modelos.

4.7.1 Representación dual

Ampliamos ahora este último punto, revisando el uso de objetos representacionales desde una perspectiva evolutiva para comprender las posibilidades y las limitaciones con las que se enfrentan los niños pequeños al encontrar módulos interactivos en un museo. En particular, nos interesa el análisis de DeLoache (2000) acerca de la doble naturaleza de los objetos representacionales, esbozada anteriormente al hablar de la dificultad de considerar a los módulos como representaciones (Callanan, Jipson y Soennichsen, 2002). Desde una mirada evolutiva, la investigación se ha concentrado en objetos representacionales como la fotografía (DeLoache y Burns, 1994), el video (Troseth y DeLoache, 1998), las maquetas (Troseth, Bloom y DeLoache, 2007) y algunos modelos científicos como los globos terráqueos (Ehrlén, 2007; Vosniadou, Skopeliti y Ikospentaki, 2005). Los niños pequeños muestran dificultades al reconocer un objeto como símbolo: Solo a los 26 meses logran usar un objeto como representación de otro, pero aún representan dificultades cuando el objeto representacional - por ejemplo un vaso - tiene otro uso del uso simbólico - usar el vaso como sombrero (Tomasello, Striano y Rochat, 1999). Además, los *affordances* senso-motrices de los objetos y las convenciones culturales son diferentes, aprendiéndose estas últimas a través de observaciones e interacciones con otras personas, que hacen posible que los niños aprecien las intenciones de las acciones de los otros (Gauvin, 2001; Rakoczy, Tomasello y Striano, 2005b; Rodríguez y Moro, 1998). Esto es muy relevante en el marco de un museo y concuerda con la perspectiva socio cultural para la investigación de las interacciones de padres y niños en museos.

4.7.2 Uso de modelos y manipulables en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas

Hemos mencionado que nos interesa la categoría de los módulos interactivos como representaciones externas semi-figurativas por lo que nos referimos a la utilización de modelos concretos en la enseñanza de las ciencias (Harrison y Treagust, 2000; Justi y Gilbert, 1999). Un modelo es una representación simplificada de un sistema (Gubert y Buckley, 2000). Los modelos son en ocasiones considerados como visualizaciones (Gilbert, 2005; Gilbert, Reiner y Nakhleh, 2008) definidos como cualquier tipo de representación diseñada para hacer visible un concepto abstracto (Uttal y O'Doherty, 2008). Muchas veces las visualizaciones son utilizadas para apoyar a los estudiantes a pensar en términos espaciales. Por ejemplo, el uso de modelos ha sido investigados en la enseñanza de distintas disciplinas como las matemáticas (Presmeg, 2006) y la química (Kosma y Russell, 2005). La inclusión de modelos se relaciona particularmente con el aprendizaje de las ciencias a partir de modelos (Gilbert y Boulter, 2001) cuyo objetivo es estimular y apoyar la modelización de los alumnos (Leher, Schauble y Petrosino, 2001). Los modelos tridimensionales, también denominados modelos concretos o modelos a escala (Harrison y Treagust, 2000) nos interesan por su relación con los módulos en un museo. En esta categoría se utilizan modelos más grandes o más pequeños que los efectos representados. Este tipo de modelo respeta las relaciones espaciales y temporales entre las entidades del modelo de referencia y las del modelo concreto. Como habíamos mencionado en el capítulo 3, es recomendable la utilización de modelos diversos en la enseñanza, el contraste de modelos, y la modelización progresiva que posibilita a los alumnos comparar sus propios modelos con los de los científicos.

Por último, nos interesa el uso de los manipulables en la enseñanza de las matemáticas, que presentan los mismos problemas de doble representación mencionados anteriormente (Uttal, Scudder y Deloache, 1997). Los manipulables son objetos concretos que permiten a los niños realizar operaciones sin recurrir a símbolos escritos para realizarlas. Los manipulables son símbolos en sí mismos y no sustitutos de símbolos (Uttal y O'Doherty, 2008). Manipulables efectivos son aquellos que hacen resaltar la relación con los referentes, por ejemplo a través de una estructura

semejante de los manipulables con su referente. Por otro lado, como ya hemos mencionado, objetos particularmente atractivos esconden esta relación entre el manipulable y el referente. En cualquier caso, los manipulables no son la panacea y no reemplazan a la instrucción orientada a apoyar el *insight* representacional y la comprensión de la doble naturaleza de los manipulables (Uttal *et al.*, 1997). En esta línea de trabajo incluimos a los manipulables que permitieron la adaptación mutua (Martin y Schwartz, 2005). La adaptación y la interpretación no van juntas: al aprender el concepto de fracciones hay niños que manifiestan muchas adaptaciones, pero sus interpretaciones son bajas y viceversa. La manipulación apoya la interpretación de lo visible. La oportunidad para mover las piezas permitió a los niños abandonar una interpretación conocida. Asimismo, la reorganización les permitió identificar el problema en cuestión. No es la actividad sino el tipo de actividad lo que permite la reorganización. De esta manera la estructura del entorno cambia la actividad pero no garantiza el aprendizaje. Los autores sostienen que si bien los niños no descubren espontáneamente las interpretaciones correctas, sino que prepara la actividad con los materiales y apoya la interpretación de la estructura. Un material que apoye el aprendizaje será aquel que permita y exija a los niños generar nuevas estructuras e interpretaciones centrales al problema dado, siendo menos eficaces los materiales que impiden este tipo de interpretaciones, o que "hacen todo el trabajo" (Martin y Schwartz, 2005). Basado en este enfoque, un andamiaje ayuda al niño a hacer el trabajo sin hacer el trabajo en lugar del niño. Este sería, según los autores el valor de la manipulación de materiales ya que prepara a los niños para aprender de nuevas fuentes, permitiéndoles generar características estructurales críticas, aun cuando no sean ellos los que generen las soluciones por sí mismos.

4.8 ¿CÓMO SE DISEÑAN LOS OBJETOS REPRESENTACIONALES?

Se han conformado varios modelos para el diseño de objetos representacionales. Analizamos primeramente el modelo de Donald Norman en su libro sobre la psicología de los objetos cotidianos (Norman, 1988) referida al diseño de los artefactos cotidianos, que, como hemos mencionado, ha tenido una gran

influencia en el ámbito de los museos y en el diseño de módulos interactivos. Tomaremos después la propuesta del análisis funcional (Zhang y Butler, 2007) para el diseño de sistemas de información, y por último analizaremos los distintos niveles de información en los módulos a partir del análisis de Postigo y Pozo (2004).

Para entender el comportamiento de las personas con los objetos, Norman (1988) recurre a las leyes de la percepción y la memoria, explicando nuestro comportamiento ante diferentes artefactos. Su mensaje fundamental es que la mayoría de los problemas que se plantean en la interacción de las personas con las máquinas no obedece a la incompetencia de los usuarios sino a la de los diseñadores: la coordinación de los modelos mentales del diseñador con los de los usuarios logra simplificar el aprendizaje, particularmente en situaciones novedosas. Para diseñar aparatos que se puedan usar naturalmente- sin esfuerzo-, Norman (1988) propone seguir las siete etapas de acción como guías del diseño:

ETAPAS DE ACCIÓN		TAREAS DEL DISEÑADOR
1.	Formular el objetivo de la manipulación	Determinar la función del diseño.
2.	Formular intenciones- identificar partes, definir acciones.	Marcar las acciones posibles.
3.	Especificar la acción a partir de restricciones y <i>affordances</i> .	Determinar el mapeo de la intención al movimiento físico.
4.	Realizar la acción.	Permitir realizar la acción
5.	Percibir el estado del sistema	Informar acerca de si el sistema se encuentra el estado deseado.
6.	Interpretar el estado del sistema	Determinar si el mapeo a partir del estado del sistema para la interpretación.
7.	Evaluar el resultado	Expresar en qué estado se encuentra el sistema.

Tabla 4.1: Siete etapas de la acción aplicadas al diseño (Norman, 1988).

Ampliamos esta propuesta con el modelo funcional para el diseño de sistemas de información (Zhang y Butler, 2007; Zhang *et al.*, 2002) que identifica los elementos a tener en cuenta basándose en la eficiencia y la productividad de interacción de las personas con estos sistemas. El diseño de los sistemas se realiza a partir de los siguientes análisis:

Análisis de las Funciones: En este paso se identifican los objetivos, los elementos y las operaciones a realizar y se conforma la estructura abstracta del problema. Dicha estructura abstracta se materializa en distintas representaciones externas específicas.

Análisis del Usuario: Este análisis se realiza para identificar las características del usuario, sus capacidades y habilidades, sus conocimientos y sus limitaciones perceptivas. En el caso de los módulos interactivos se deben analizar las características de usuarios de distintas edades y conocimientos previos y también la interacción entre usuarios.

Análisis de las Tareas: Se analizan las tareas, los procedimientos y acciones que se deben realizar para lograr una meta en base a la representación elegida. Este análisis descompone la tarea en sub-tareas y operaciones. En el caso de diseñar módulos interactivos, debemos analizar la actividades de iniciación y las de participación prolongada (Gutwill y Thogersen, 2005).

Representaciones: Se revisan aquí las representaciones del despliegue de la información y del flujo de la información. Si bien las representaciones son isomórficas en cuanto a la estructura abstracta, se diferencian unas de otras en cuanto a la distribución de la información siendo algunas más explícitas (externamente) que otras. Se utiliza este análisis para generar la visualización de la información, identificando los elementos indispensables para la tarea en cada una de las etapas. Se analizan también los instrumentos, métodos, herramientas y técnicas necesarias para la tarea.

Consideramos por último, el nivel de la información presentada, ya sea esta explícita, implícita o conceptual, a partir del modelo de Postigo y Pozo en el análisis de los mapas (Postigo y Pozo, 1998, 2000, 2004). Este análisis nos será particularmente útil para registrar la complejidad de la información en cada uno de los módulos.

Información explícita: Desde el punto de vista del usuario, obtener la información explícita implica realizar una lectura superficial de la información: por ejemplo, reconocer las partes, su número, su ubicación, nombrar elementos de interés (algo sorprendente, llamativo, agrandado, fuera de contexto).

Información implícita: Obtener la información implícita, implica explicitar las relaciones entre distintos elementos: describir que hace cada parte, identificar variables, controlar variables, establecer relaciones- de causa y efecto, utilizar marcas y símbolos para establecer las relaciones e identificar índices para corregir y mantener el efecto una vez logrado.

Información conceptual: La explicitación de la información conceptual utiliza la información de los dos niveles anteriores para generar interpretaciones, explicaciones, predicciones, inferencias y generalizaciones y requiere la activación del conocimiento previo del visitante y su elaboración. En algunos casos se utilizan las explicaciones de los carteles para describir los conceptos subyacentes.

Por último, resumimos algunos criterios a tener en cuenta en el diseño de artefactos cognitivos y su relación con los lineamientos del diseño de los módulos interactivos revisado en el capítulo 2:

- Planificar para visualizar- En relación al diseño de gráficas, Scaife y Rogers (1996) mencionan que la explicitación y la visibilidad permiten atraer la atención acerca de los componentes centrales que son útiles o esenciales para las diferentes etapas del problema o la tarea de aprendizaje. Por lo tanto es importante explicitar procesos ocultos que subyacen a los fenómenos complejos para facilitar inferencias cognitivas y perceptivas. En estos casos los modelos deben estar acorde con los conocimientos previos indispensables para su uso, en base al principio de congruencia (Tversky, 2007) por el cual la estructura y el contenido de una visualización deben corresponder con la estructura mental y el contenido deseados (recordamos que los elementos del diseño de módulos interactivos propuestos eran el *mapeo natural* y tener en cuenta el *conocimiento previo de los visitantes*).

- Utilizar *affordances* y convenciones culturales - Los *affordances* percibidos son importantes para el diseño ya que controlan las tareas, en algunos casos las facilitan y en otros las dificultan. Por eso es importante analizar las restricciones, naturales (físicas) definidas como determinismo representacional (Zhang, 1997), relacionado con la recepción inmediata, y el uso de esquemas conocidos que mencionamos al hablar de los módulos interactivos.
- Permitir la retro-alimentación. Las respuestas visuales son utilizadas para facilitar el rastreo cognitivo y establecer las relaciones entre entidades (Scaife y Rogers, 2006). Es importante que el usuario pueda interpretar el estado del sistema en las distintas etapas (Norman, 1988) así como los resultados inesperados, o no adecuados (Si bien esta es una de las características más importantes de las representaciones externas ya que permiten acciones en tiempo real, no encontramos referencia alguna a este aspecto en la bibliografía de museos, solo la referencia general que los módulos deben dar *feed-back* y reaccionar a la actividad del visitante).
- Planificar para prevenir errores, corregir errores, evitar acciones irreversibles. Los tipos de errores que deben evitarse son: errores de aprehensión, descripción, errores basados a partir de los datos, errores asociativos, errores basados en la memoria: sobre-generalizaciones, sobre-regulación de lo común, énfasis en lo que es diferente (Norman, 1988). (Tampoco este elemento es mencionado en la bibliografía de museos).
- Combinar distintas representaciones externas para posibilitar diversas maneras de interactividad, construyendo representaciones múltiples (Ainsworth, 2006; Clement, 2008; Cook, 2006), que brinden información complementaria, restringir la información dando índices específicos y construir la información a partir de la abstracción, la extensión y la comprensión de las relaciones entre las representaciones. (Si bien se han investigado las características de los carteles explicativos en módulos interactivos y no interactivos, no siempre se ha hecho explícita la relación entre los carteles y la actividad del visitante).

4.9 CONCLUSIÓN- LOS MÓDULOS INTERACTIVOS COMO OBJETOS REPRESENTACIONALES

Los módulos interactivos pueden ser definidos como artefactos representacionales considerando su carácter permanente para registrar y conservar una serie de informaciones a lo largo del tiempo. Incluimos a los módulos de un museo dentro de la definición de representaciones externas icónicas (motivadas). Los módulos interactivos son representaciones de situaciones, fenómenos y procesos de la realidad circundante. Como tales no son una traducción directa de una realidad, sino que son modelos de esta realidad según determinadas restricciones y "en tanto que modelos representativos crean una nueva realidad, permiten discriminar nuevas relaciones con el referente" (Martí y Pozo, 2000, Pág. 19). El hecho de que constituyen objetos puede ser un obstáculo para acceder a su significado representacional. Pero en el caso de funcionar como representaciones, acaban por generar asimismo nuevos usos. Señalamos con Martí (2003) que estos sistemas constituyen objetos materiales fácilmente procesables, pero que no son fácilmente interpretables (son sistemas opacos).

Podemos también resumir las funciones de los módulos interactivos que conduzcan a nuevos conocimientos:

- Crear módulos interactivos requiere la planificación de 1) los objetivos del módulo, 2) los mensajes a transmitir, 3) las tareas y 4) el despliegue de la información.
- El despliegue de la información puede apoyar la actividad del visitante: dirige, restringe y organiza la actividad.
- Son espacio de exploración, elaboración, y visualización de relaciones.
- No siempre son reconocidos como representaciones.
- Pueden apoyar la interpretación y la explicitación de contenidos y de actitudes epistémicas a partir de la interacción.

Intentamos definir el funcionamiento de los módulos como artefactos cognitivos, pero apuntamos a explicitar nuevas relaciones con el referente (Martí y Pozo, 2000). Consideramos que al hallarnos en el contexto de un museo podemos

apoyar *affordances* cognitivos y actitudes epistémicas, teniendo en cuenta que si estuviéramos en otro contexto quizás no se darían los mismos *affordances* (Greeno, 1994). Pero, ¿cómo se realizan las adaptaciones mutuas (Schwartz y Martin, 2006) en los módulos interactivos? ¿Qué tipo de apoyo se necesita para poder reinterpretar las estructuras? ¿Cuán estructurado debe estar el ambiente para no producir demasiada dependencia que impida el aprendizaje? (en función de lo identificado en los museos acerca de los módulos que enseñan pero no permiten la interacción).

Reconocemos lo central y complejo de la interacción relacionando actividad y representación, por lo que utilizaremos el marco del análisis funcional para establecer el despliegue de información en el módulo y su relación con las tareas. De esta manera pasamos de la idea del módulo como modelo al análisis funcional de objetos, marcas y objetos representacionales (como el video, los mapas o las fotografías) incluidos en el módulo. Buscamos definir *affordances* de acciones y actitudes epistémicas apoyándonos en las funciones de las representaciones externas para permitir acciones en tiempo real, reestructurar el comportamiento cognitivo, limitar la abstracción y apoyar la explicitación de los contenidos. Insistimos en la importancia de presentar módulos de dificultad variada que influyan de diversas maneras en los visitantes por lo que emprenderemos estudios con módulos de distinto nivel de complejidad. Delineado el marco teórico de esta tesis, pasamos a definir las preguntas de nuestra investigación en el capítulo siguiente.

SEGUNDA PARTE: TRABAJO EMPÍRICO

Capítulo 5 DISEÑO DE LOS ESTUDIOS EMPÍRICOS

Capítulo 6 LA SALITA DE ESPEJOS

Capítulo 7 LA MESA DE RUEDAS DENTADAS

Capítulo 8 AIRE EN MOVIMIENTO

Capítulo 5

DISEÑO DE LOS ESTUDIOS EMPÍRICOS

Al enfocar este capítulo metodológico, enmarcamos nuestra investigación en el contexto natural del museo. Mencionaremos las características de este contexto y algunos aspectos metodológicos generales a tener en cuenta, antes de plantear las preguntas de esta investigación y definir el diseño que guía este trabajo.

5.1 TRADICIONES DE INVESTIGACIÓN EN MUSEOS

El campo de la investigación en museos es relativamente nuevo (Osborne y Dillon, 2007). Las primeras investigaciones se realizaron hace más de 50 años, pero solo en los últimos 15 años se han desarrollado métodos que logran captar la complejidad del contexto. Uno de los indicios de este desarrollo lo encontramos en la publicación periódica de:

- Lineamientos metodológicos para profesionales de museos y de otras instituciones de educación informal (Allen *et al.*, 2007; Diamond, 1999; Friedman, 2008; Taylor, 1991; ver Allen, 2002 para el análisis de conversaciones en museos).
- Resúmenes de investigaciones (Crane *et al.*, 1994; Falk y Dierking, 1992, 2000; Falk Dierking y Foutz, 2007; Rennie y McClafferty, 1996).
- Agendas de investigación (Falk y Dierking, 1995; Martin, 2004; Rennie, Feher, Dierking y Falk, 2003; Schauble, Leinhardt y Martin, 1997).

La investigación del aprendizaje en los museos es compleja (Osborne y Dillon, 2007). Algunas de las dificultades se relacionan con la naturaleza episódica de la interacción, la diferencia del trasfondo de los visitantes y el carácter no verbal de

las experiencias. Por otro lado, son exactamente estas características del contexto natural (Semper, 1990) por las que los museos son interesantes para el aprendizaje. Dos enfoques principales engloban a la investigación en museos (Allen *et al.*, 2007): aquel que tiende a reducir la complejidad y a identificar relaciones causales utilizando grupos de control y aquel que intenta abarcar la complejidad de las vivencias en el museo, las perspectivas de visitantes particulares y los procesos a través de los cuales las personas dan significado a su experiencia. En ambas líneas de investigación se experimentan problemas éticos de invasión de la privacidad y de interferencia de la visita (Butler, 1992). Cabe destacar, sin embargo, que los estudios con diseño experimental son raramente realizados en museos (Allen, 2008). En general, los investigadores mantienen poco control de las variables del aprendizaje y son escasos los estudios cuyas conclusiones son aplicables más allá de los límites de una actividad específica (Osborne y Dillon, 2007).

Nuestro contexto natural es el museo: ese espacio intenso y ruidoso que mencionábamos anteriormente. Respetar el contexto del museo implica reducir al máximo las intervenciones para que el comportamiento de los visitantes se asemeje en la medida de lo posible al comportamiento natural. Nuestra investigación considera a las conversaciones como producto del aprendizaje, partiendo del enfoque socio-cultural. Pero respondemos a una perspectiva cognitiva, que reconoce los efectos del contexto (Pozo y Rodrigo, 2001) y la mediación de la cultura. Los visitantes utilizan la información presentada en los módulos, explicitando contenidos específicos en sus conversaciones. Consideramos que la información desplegada en los módulos se relaciona con los conocimientos de las personas (si bien no discutimos en nuestra tesis la naturaleza de estas representaciones ni los mecanismos de activación). A partir de estos contenidos mencionados intentamos comprender cómo se relaciona la información presentada con los conocimientos previos de los visitantes por lo que nos es importante registrar las conversaciones en su contexto, desambiguándolas y enriqueciéndolas con los datos del video.

Nuestra intención es identificar variables del diseño y su efecto en las actividades desarrolladas por los visitantes con los módulos por lo que necesitamos plantear situaciones que nos permitan controlar variables del diseño y asimismo

considerar métodos observacionales. En los últimos años se ha utilizado el video en muchas investigaciones en museos (Goldman, Pea, Barron y Derry, 2007), siendo este tipo de método de recolección de datos menos intrusivo que las observaciones realizadas por los propios investigadores en sala. Los datos de video son utilizados para seguir a las personas en su recorrido por el museo, evaluar la eficacia de módulos de exhibición y rastrear los efectos de manipulaciones experimentales. La utilización de video y audio permite enfocarnos en las conversaciones pero también en los movimientos y las actividades de las personas (vom Lehm y Heath, 2007; vom Lehm, Heath y Hindmarsh, 2001), analizar las acciones "situadas" en contextos naturales (Heath y Hindmarsh, 2000), observándolas en cámara lenta y realizando revisiones continuas de los datos para interpretaciones más precisas.

Intentamos identificar de qué manera trabajan los padres y los niños con el módulo naturalmente, minimizando nuestra intervención pero controlando algunas variables. Trabajamos, entonces, con las condiciones del museo y no en su contra-

- a) Elegimos módulos que por sus características nos permiten realizar cambios menores: agregar o eliminar un elemento (objetos, marcas, carteles), haciendo más o menos explícita determinada información y manipulando dentro de cada módulo las variables que nos interesa estudiar.
- b) Pretendemos superar limitaciones tecnológicas y obtener un nivel de sonido que nos permita registrar fielmente las conversaciones concentrando un número reducido de módulos (7 en total) en un espacio aislado.
- c) Con la intención de generalizar los resultados obtenidos e identificar los límites de nuestros argumentos, elegimos tres módulos diferentes, comparando módulos de distinto nivel de complejidad.
- d) Intentamos controlar algunas variables relativas a la muestra concentrándonos en las interacciones de padres y madres con niños pequeños. Esta elección nos permitirá referirnos y basarnos en las investigaciones de padres y niños en museos que mayormente incluyen a niños pequeños.

Con estas breves consideraciones acerca de los límites del contexto, los diseños de investigación más frecuentes y las metodologías utilizadas en museos, pasamos a detallar las preguntas y el diseño metodológico de esta tesis.

5.2 PREGUNTAS GENERALES DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo de la investigación es comprender el papel que juegan los módulos interactivos en un museo de ciencia, analizar de qué manera son utilizados por los visitantes y de qué forma pueden apoyar el aprendizaje científico. Específicamente, ¿cómo puede influir el diseño de los módulos interactivos para apoyar la explicitación de los mensajes del módulo?

La hipótesis central del presente trabajo es que las conductas de explicitación de los mensajes de los módulos interactivos en un museo de ciencias pueden ser despertadas y apoyadas a través del diseño de los módulos. Elementos del diseño que orienten la atención, transformen las tareas, inviten a controlar variables, comparar situaciones e inferir relaciones, pueden funcionar como *affordances* cognitivas para despertar actitudes epistémicas que al ser utilizadas por los visitantes, en especial por los padres en sus interacciones con sus hijos, sirvan para explicitar los mensajes de los módulos. Específicamente nos preguntamos:

¿Qué contenidos se explicitan en la interacción de padres y niños frente a un módulo? ¿Cómo influye el contenido del módulo y su complejidad en los contenidos explicitados? ¿Qué indicios de cambio conceptual se identifican en un museo?

¿Qué conductas y actitudes epistémicas se manifiestan frente a los módulos? ¿De qué manera se explicita la agencia (la manera de comprender lo que sucede relacionándolo con conocimientos previos)?

¿De qué manera influyen las representaciones externas (objetos, marcas y carteles) en los contenidos explicitados?

Estas preguntas se traducirán en otras más concretas detalladas para cada uno de los módulos de acuerdo al nivel de complejidad de los contenidos presentados:

Capítulo 6 ¿De qué manera las representaciones externas llaman la atención sobre elementos particulares del módulo, estructuran las tareas, permiten el cómputo y la explicitación de contenidos determinados?

Capítulo 7 ¿Es posible identificar niveles de explicitación de los contenidos en un mismo módulo? ¿Cuál es la relación entre los contenidos explicitados y los carteles explicativos? ¿Cómo afecta el conocimiento previo de los visitantes en la interacción con el módulo?

Capítulo 8 ¿Reconocen los visitantes el fenómeno contrario a sus expectativas en el módulo del *Aire en movimiento* o por el contrario interpretan el efecto en términos de vacío y succión? ¿Utilizan las cintas para confirmar la salida del aire? ¿De qué manera utilizan los carteles cuando desconocen los contenidos? ¿De qué manera explicitan la actitud y la agencia en módulos contra- intuitivos?

5.3 METODOLOGÍA

5.3.1 Participantes

Ciento sesenta (160) familias que visitan el Museo de Ciencias de Jerusalén participaron en este estudio: Basándonos en las conversaciones y conductas durante la interacción familiar con módulos específicos intentamos identificar contenidos y actitudes explicitados durante la interacción; 94 familias participaron en los análisis detallados (306 visitantes en el análisis detallado, de los cuales 171 son niños y niñas). Una familia es definida como un grupo multi-generacional, que cuenta por lo menos con un adulto (mayor de 19 años) y un niño entre 5 y 10 años. (Borun *et al.*, 1998). Utilizamos un grupo de familias mayor para los estudios cuantitativos (que miden el tiempo de interacción- estudios 1a, 2a, 3a) y un número reducido de

participantes para los estudios descriptivos que consideran los contenidos y las conductas (estudios 1b, 2b, 3b). Con la intención de controlar algunas variables de las familias evitamos incluir aquellas interacciones donde los niños se hallaban con sus hermanos (sin los padres); excluimos asimismo a familias en las que los abuelos eran los únicos adultos presentes, ya que las interacciones con abuelos no han sido particularmente estudiadas (Leinhardt y Knutson, 2006).

5.3.2 Tareas

Como ya hemos mencionado, configuramos tres estudios con distintos módulos con el objeto de responder a la pregunta acerca de los contenidos y las conductas desarrolladas frente a módulos interactivos. Tomando en cuenta que algunos conceptos son más accesibles que otros, incluimos en este proyecto tres módulos que exigen diferentes niveles de complejidad, yendo de los más cotidianos (espejos y engranajes) a los contra-intuitivos (aire en movimiento). Consideramos que a partir de contenidos de dificultad simple o regular los visitantes pueden enriquecer sus conocimientos, exigiendo los fenómenos contra-intuitivos una reestructuración de los mismos. Los módulos elegidos para los tres estudios cumplen con los requisitos indicados por Borun et al. (1998) para apoyar el aprendizaje familiar. En el primer estudio tomamos el ejemplo de los espejos, para identificar de que manera cuerpos geométricos agregados a las esquinas de intersección de dos espejos llaman la atención sobre el número de imágenes reflejadas. En el segundo estudio identificaremos el efecto de elementos gráficos agregados a las ruedas dentadas en la explicitación de contenidos relacionados con la velocidad y la dirección de ruedas adyacentes. Por último, el módulo “aire en movimiento” nos permitirá considerar de qué manera la visualización de la corriente del aire contribuye a la explicitación del fenómeno contra-intuitivo.

Al plantear la situación experimental de cada estudio, realizamos un análisis funcional de los módulos e identificamos representaciones externas (marcas, signos y carteles) que restringen y encauzan la actividad del visitante. El análisis de cada uno de los módulos (Tabla 5.1 para el análisis del módulo de los espejos) relaciona los mensajes del museo, las propuestas iniciales básicas, la propuesta interactiva inicial,

los niveles de complejidad y el despliegue de la información. Estos datos nos permitieron establecer correspondencias entre los mensajes del módulo y las actividades propuestas.

<p>ANÁLISIS FUNCIONAL (Los mensajes del museo)</p>	<p>Reflexión y multiplicación de imágenes (efecto de infinito) Direcciones Ilusiones Relación entre el número de imágenes en cada esquina y el ángulo de inserción de los espejos.</p>
<p>ANÁLISIS DEL USUARIO (Propuestas iniciales básicas)</p>	<p>Verse reflejado en los espejos. Descubrir imágenes de sí mismo (verse la espalda, verse desde arriba). Moverse en el cuarto para ver las imágenes en movimiento.</p>
<p>ANÁLISIS DE LAS TAREAS (Propuesta interactiva, procedimientos, conductas, restricciones a la acción)</p>	<p>Focalizar la atención a las esquinas. Contar el número de imágenes (del cuerpo o de los objetos) en cada esquina. Comparar el número de imágenes en las distintas esquinas. Hacer variaciones de la ubicación de los objetos para verificar el efecto de la simetría y la multiplicación.</p>
<p>ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN (Niveles de complejidad y despliegue de la información)</p>	<p><u>Información explícita</u>: El número de imágenes en cada esquina es diferente. <u>Información implícita</u>: En el ángulo más pequeño hay más imágenes. <u>Información conceptual</u>: Cuánto más pequeño es el ángulo de intersección de los espejos, mayor cantidad de imágenes se ven reflejadas</p>

Tabla 5.1: Análisis funcional del módulo de los espejos a partir de Gutwill y Thogersen, (2005), Postigo y Pozo, (2004) y Zhang, Johnson, Malin y Smith (2002).

A partir de este análisis previo, localizamos aquellos elementos que representan contenidos implícitos en los módulos y elegimos las representaciones externas para fijar la atención hacia los mensajes que el museo intenta transmitir. De esta manera planificamos los apoyos a evaluar en la situación experimental de cada estudio.

5.3.3 Procedimiento

Se diseñó un experimento de campo en el museo de ciencias (León y Montero, 2003) tomando a la familia como unidad de análisis. Intentamos manipular variables relacionadas con el diseño de los módulos pero respetando los mensajes originales de los comisarios de la muestra. Esta manipulación si bien no nos permite controlar todos los elementos que influyen en la interacción nos ayuda a detectar tendencias y regularidades en el manejo del módulo. Para cada módulo, se conformó una situación experimental con elementos agregados (objetos, marcas o carteles) para apoyar la mención de determinados contenidos. Se comparó el efecto de los elementos agregados en las tareas de las familias que interactuaban con el módulo y en la explicitación de los mensajes del módulo. (La descripción de cada estudio se realizará en los capítulos 6, 7, y 8 respectivamente.) Se registraron en video las interacciones de los visitantes, con o sin estos apoyos externos. Para cada uno de los módulos medimos el tiempo de interacción en la situación experimental y en la de control que no incluía los apoyos.

La recolección de datos se realizó en días festivos (días en los cuales la mayoría de los grupos familiares asisten al museo) durante seis días consecutivos en tres oportunidades diferentes (18-24 octubre 2005; 11-16 de octubre 2006; 16-22 diciembre, 2006). La situación de control y la experimental se alternaban cada día. La cámara de video y el micrófono habían sido colocados previamente en el techo para captar una imagen clara de la actividad con el módulo y minimizar interferencias. Al entrar una familia a la exposición, la investigadora se dirigía a uno de los padres, pidiendo su consentimiento para participar en el estudio, indicando que el objeto del estudio era identificar las características de los módulos que se adaptaran a la interacción familiar. Se especificaba que la consigna era interactuar naturalmente con el módulo. Los padres firmaban dando su consentimiento y completaban un formulario con datos socio-demográficos (escolaridad de los padres, número de niños en la familia y edad de los niños) (Anexo I). A la salida de la exposición, la investigadora realizaba una corta entrevista a uno de los padres, preguntándoles acerca de los mensajes del módulo. Se recolectaron los datos de todo grupo familiar con niños en edades pertinentes, que ingresaba a la exposición. El 90% de las familias

aceptaron participar en el estudio. Las familias que se negaron argumentaron tener prisa, desinterés o aceptaron que solo los niños fueran filmados. De las familias que dieron su consentimiento se seleccionaron los casos que interactuaron con el módulo sin interferencia masiva de otros visitantes presentes al mismo tiempo. Fueron descartadas aquellas familias en las que los padres no interactuaban con sus hijos simultáneamente y aquellas en las que los adultos interactuaban con un niño menor de 5 años solamente. Al pedir el consentimiento de participar en el estudio interferimos, de alguna manera, en la conducta de los visitantes. El tiempo de interacción puede verse afectado por el deseo de los padres de hacer un "buen papel" frente al investigador (Allen, 2002). Consideramos, sin embargo, que la reactividad al hecho de ser filmados era similar tanto para el grupo experimental como para el grupo control.

5.3.4 Análisis de los datos

Para el análisis de los datos, combinamos enfoques metodológicos diferentes, algunos cuantitativos y otros cualitativos. Esta pluralidad de análisis nos permite profundizar en algunos elementos y también corroborarlos con otros logrando, así una convergencia metodológica (Pozo y Rodrigo, 2001). Datos cuantitativos como la medición del tiempo conforman una variable potente al identificar cambios. Realizamos, asimismo, análisis complementarios de los perfiles léxicos de las familias, los contenidos explicitados y las conductas epistémicas para contrastar los resultados y hacer visibles diferencias y similitudes.

5.3.4.1 Medición del tiempo

El tiempo es uno de los indicadores usados en los museos para medir la efectividad de los módulos. El tiempo es una medida discreta y potente de la conducta de los visitantes (Falk, 1983). Las medidas más utilizadas son el tiempo total de la visita, el tiempo transcurrido en una exposición en particular, los tiempos de la interacción con un módulo específico y la fracción del tiempo total dedicado a la interacción con módulos. El tiempo es utilizado como índice de interés y de actividad sostenida, también llamado "atrapabilidad" (Asensio, 2000) (*holding power*) del módulo. Es importante señalar que el tiempo de interacción con cada uno de los

módulos interactivos en los museos de ciencia es muy limitado. La llamada fatiga de los museos (*museum fatigue*) impone que el tiempo promedio de una visita a un museo sea de dos horas, dedicándose a cada exposición un promedio de 20 minutos (Serrell, 1998). Frente a estas consideraciones, los museos reconocen que el aprendizaje necesita tiempo y atención y realizan acciones para ampliar el tiempo en interacción con los módulos y las interacciones con módulos de descubrimiento planificado de 0.9 minutos y las de módulos APE de un promedio de 2.2 minutos (Humprey y Gutwill, 2005). En nuestra investigación medimos la duración de las interacciones con el módulo. Consideramos el tiempo compartido y no el tiempo total como en el estudio del Exploratorium (Humprey y Gutwill, 2005) ya que lo que nos interesaba es la explicitación de los mensajes en las conversaciones entre padres e hijos.

Se aplicó el procedimiento ANOVA para analizar las diferencias de los tiempos de interacción de las familias en la situación experimental y en la situación control para cada uno de los estudios. La escolaridad de los visitantes no era uniforme: por lo menos uno de ambos padres había completado hasta 12 años de escolaridad (18 %), entre 13 y 15 años (42 %) y 16 años o más (40%). Si bien no es probable encontrar efectos discriminantes entre las dos últimas categorías, se consideró la escolaridad al definir los subgrupos del primer estudio. Para verificar la influencia de la escolaridad de los padres en el tiempo de interacción se aplicó la prueba no paramétrica Mann-Whitney: al no encontrarse diferencias significativas entre los grupos cuyos padres tenían 13 o 16 años de escolaridad y siendo estos los niveles de escolaridad más frecuentes en el museo, dejamos de considerar la variable escolaridad para los siguientes estudios.

Si bien el tiempo es un indicador robusto de actividad frente a módulos interactivos, es lícito preguntar cómo es utilizado ese tiempo. Delineamos a continuación los análisis de contenidos y de conductas a partir del registro en video de las interacciones y las conversaciones para estudios más detallados de cada uno de los módulos con un subgrupo de familias.

5.3.4.2 Análisis estadístico de datos textuales

La transcripción de las conversaciones a partir del video facilita varios análisis. Los métodos estadísticos lexicométricos permiten el análisis de datos textuales de manera sistemática, en el sentido de que cuentan la presencia de las palabras sin una selección a priori. Estos métodos trabajan a partir del texto de todas las respuestas y por lo tanto, permiten una mayor objetivación, o por lo menos posibilitan retrasar la introducción de la subjetividad de los investigadores hasta una fase más tardía del trabajo. El Análisis Lexicométrico de Datos Textuales consiste en aplicar métodos multidimensionales, en especial el análisis de correspondencias y la clasificación en tablas específicas, creadas a partir de los datos textuales. Estos métodos se completan con métodos propios del dominio textual como los glosarios de palabras y la selección del vocabulario más específico de cada texto, para así proveer una herramienta comparativa de los mismos. El principio fundamental en esta perspectiva es el análisis a través de la comparación. Se busca comparar entre sí el discurso de grupos de individuos con características comunes. La comparación implica llegar eventualmente a clasificar a los individuos o a los textos en clases homogéneas en cuanto al vocabulario empleado. Actualmente se considera que la lexicometría ha probado, en lo que concierne a los estudios textuales (Benzecri, 1981; Becué, 1991), su aptitud para elaborar tipologías o categorías mediante el recuento de formas léxicas o palabras, permitiendo seleccionar textos mediante métodos probabilísticos para ilustrar las categorías de análisis.

Señalamos que todas las interacciones verbales tuvieron lugar en hebreo y que el corpus léxico de las conversaciones de los tres estudios fue traducido al español del idioma original (hebreo). Un intento preliminar de pasar el paquete estadístico SPAD-5.5 para el análisis de datos textuales en el idioma original no fue exitoso. Para evitar la influencia de la traducción del corpus, el análisis de las palabras no incluyó artículos, ni hizo hincapié en las inflexiones verbales, centrándose en sustantivos, adjetivos, adverbios y verbos. Las respuestas individuales fueron agrupadas en textos. Esto supone una partición del corpus en base a ciertos criterios, cuya validez se puso a prueba mediante procedimientos lexicométricos en el marco del análisis factorial de correspondencias. Se conformaron grupos, tomándose como unidad de análisis los textos de los padres separados de los textos de los hijos en cada una de las

situaciones, la experimental y la de control. Dicha división pretende poner de manifiesto las diferencias de los adultos por un lado y de los niños por otro. Si bien es lícito esperar que los textos de los padres se diferencien de los de los hijos, el análisis de estas diferencias permite elaborar hipótesis que de otra manera quedarían ocultas. Nos interesaba, por ejemplo, comparar los grupos de niños entre sí y los grupos de padres entre sí. ¿Hablan niños y padres en las dos situaciones de análisis de manera diferenciada? ¿Dan las diferencias lexicográficas indicios sobre las diferencias de las condiciones experimentales? Los cuatro grupos cuentan con el mismo número de integrantes: cada individuo está conformado por las frases de un padre y posteriormente la del otro progenitor en caso de estar ambos presentes, registrándose primero el progenitor que interviene más activamente. El grupo **Adulto 1** fue conformado por los textos de padre y/o madre de las familias que participaron en la situación experimental. El grupo **Adulto 2** incluía los textos de padre y/o madre de las familias que participaron en la situación de control. En los grupos **Niños 1** y **Niños 2** se registraron las producciones verbales de todos los niños presentes en la interacción. Señalamos que el ámbito en el cual los análisis estadísticos textuales son aplicados es el de preguntas abiertas de encuestas. La aplicación de este programa de análisis lexicométrico a las conversaciones que se producen espontáneamente en el ámbito del museo es un intento de clarificar las diferencias léxicas entre los grupos por métodos estadísticos, para elaborar hipótesis que serán posteriormente corroboradas a través del análisis de categorías de los datos de video y de los índices de contenido. En una primera etapa realizamos dos Análisis Factoriales de Correspondencias Simples (AFCS). El primero estudia las asociaciones entre los individuos y todas las palabras diferentes que han aparecido en las conversaciones, sin ningún tipo de selección a priori. De acuerdo a las asociaciones encontradas, se procede a agrupar los individuos según la o las variables que resulten relevantes y a estudiar las asociaciones entre palabras y categorías de individuos. Se aplica entonces un segundo AFCS para identificar grupos léxicos, caracterizados por un vocabulario distintivo y una o más modalidades de las variables de los participantes. En este trabajo, consideramos la variable situación experimental como variable activa. Una vez diferenciados los grupos léxicos, el procedimiento de Selección Automática de Respuestas Modales del programa SPADT permite identificar las respuestas originales completas que resulten representativas de cada grupo léxico, lo que

posibilita la descripción del mismo y la utilización de ejemplos ilustrativos cuya selección se sustenta en criterios estadísticos. Este procedimiento presenta en orden decreciente las respuestas completas típicas que corresponden a cada modalidad de las variables consideradas, a partir del cálculo del perfil léxico medio del conjunto de las respuestas de los sujetos que lo componen (sobre la base de la prueba χ^2). Se tuvieron en cuenta las tres primeras respuestas modales, ya que una sola no era suficiente para presentar la información aportada y a partir de ellas se ilustraron las categorías emergentes.

5.3.4.3 Índice de familia

Completamos el análisis de los datos textuales realizando un análisis de contenido en el que se reflejan los mensajes del módulo en las conversaciones. Registramos los contenidos mencionados sin hacer referencia a quien los explicita. Si bien los padres muchas veces orientan la conversación hacia los contenidos, consideramos que al ser parte de la conversación, desarrollada durante la interacción, son parte de lo que se puede ser considerado aprendizaje en el museo (Leinhardt y Crowley, 1998). A partir de los contenidos intentamos ver reflejados los conocimientos previos de los visitantes que se hacen explícitos durante la interacción.

Con el objeto de registrar los mensajes del módulo se procedió a resumir determinados contenidos durante las conversaciones. Este registro permitió comparar a las familias en ambas situaciones en relación los mensajes que el museo intenta explicitar (por ejemplo en el caso de los espejos que detallaremos en el capítulo 6 el mensaje era: cuánto más pequeño es en ángulo de intersección de los espejos, mayor cantidad de imágenes se ven reflejadas y el contenido registrado fue la mención de esquinas o ángulos). Se configuraron categorías informativas y se realizó posteriormente un análisis independiente de casos, registrándose el índice de fiabilidad inter-jueces por medio del coeficiente Kappa. Finalmente, al ser nuestro grupo reducido, registramos las frecuencias de la mención de las categorías y optamos por la prueba no paramétrica Mann-Whitney para comparar las frecuencias de las conductas en la situación experimental y en la situación de control.

5.3.4.4 Análisis de datos de video

Los datos del video tomados en el contexto natural nos permiten mantener una visión general junto con aislar momentos representativos y hacer una lectura repetida en detalle (Ash, 2007). Utilizamos esta metodología para reflejar el uso que los visitantes dan a los módulos y sus reacciones ante distintas características del diseño. Nuestra intención fue identificar categorías de conductas que reflejaran actitudes epistémicas para posteriormente conformar patrones de actuación relacionando conductas y conversaciones (en el lenguaje de museos conductas *minds-on*).

Registro de conductas observables en el video- Se realizó un análisis previo, que permitió la definición de categorías. Posteriormente éstas fueron reagrupadas registrándose aquellas que resultaran informativas y discriminativas entre las situaciones. El análisis conjunto de dos jueces, que observaron dos casos en profundidad permitió la definición estricta de las categorías de video. Se realizó posteriormente un análisis independiente de casos, registrándose el índice de fiabilidad inter-jueces por medio del coeficiente Kappa. Finalmente, aplicamos un análisis Mann-Whitney para mostrar la distribución de la frecuencia de las variables en las distintas situaciones.

Registro de patrones de actuación - Al conformar patrones de actuación intentamos dar coherencia a la interacción, describiendo las secuencias de significado. Una secuencia de significado es considerada como una unidad básica de recogida de datos para su posterior análisis e interpretación (Coll y Rochera, 2000). Este enfoque metodológico ha sido aplicado anteriormente a secuencias didácticas para diferenciar los principales componentes del aprendizaje y fue aplicado en este trabajo con el objeto de diferenciar componentes del aprendizaje en museos. Utilizamos en nuestro trabajo esta definición para definir las secuencias interactivas. Señalamos a continuación las unidades relevantes a las interacciones con módulos:

Segmentos de interactividad: el conjunto de actuaciones esperadas de los participantes, que corresponden a una estructura de participación (en nuestro caso los segmentos de actividad corresponden a la interacción de la familia con un módulo).

Patrones de Actuación: los comportamientos típicos que exhiben los participantes en un determinado segmento de interactividad en función del rol o roles que asumen en él y de los condicionamientos que impone la estructura de participación social y de la tarea académica del segmento en cuestión.

Mensajes: las expresiones mínimas de información.

A partir de las transcripciones de las conversaciones y el análisis de las conductas registradas en los videos, se identificaron patrones de actuación. Se configuraron patrones de actuación a partir de las conductas mencionadas en la bibliografía de la investigación en museos (Borun, Chambers y Cleghorn, 1996; Eberbach y Crowley, 2005). Se evaluó la articulación y evolución de las dichas actuaciones en ambas situaciones según fueran relevantes para cada uno de los módulos.

5.3.4.5 Análisis de una familia en detalle

El análisis cronológico de la interacción de una familia, uniendo los datos textuales y las categorías de conducta, nos permitió articular la información recibida a través de los otros análisis. Elegimos una de las respuestas modales (identificada por el programa SPAD-T) de la situación experimental para ilustrar el segmento de interactividad (Coll y Rochera, 2000). El análisis de la interacción de la familia fue encarado para dar cuenta de los resultados de los análisis realizados anteriormente durante el desarrollo de la interacción y para identificar los temas centrales, su desarrollo y conclusión. En los capítulos siguientes presentamos los resultados de los estudios empíricos.

Capítulo 6

LA SALITA DE ESPEJOS

En el intento extremo de encontrar aun una relación entre imágenes especulares y palabras podríamos comparar la imagen del espejo con un nombre propio...O más bien la imagen especular es *nombre propio absoluto*, tal como es icono absoluto.

Umberto Eco, 2000, p.23 (con énfasis del autor).

6.1 INTRODUCCIÓN

Los módulos de espejos son frecuentes en los museos de ciencia ya que, desde el punto de vista de los museos, permiten presentar conceptos de óptica. Sin embargo, la interacción con los espejos cotidianos no siempre es foco de preguntas acerca de la luz y las imágenes reflejadas. Distintas investigaciones estudian las concepciones de niños y adultos sobre los espejos. Por ejemplo, el reconocimiento de sí mismos en el espejo desde el punto de vista evolutivo ha sido objeto de estudio en infantes, primates y otros animales. Los infantes se reconocen a sí mismos en el espejo cuando son capaces de ser el objeto de su propia atención, experimentando una continuidad psicológica a través del tiempo y del espacio (Gallup, 1998). Los organismos que se conciben a sí mismos desarrollan un sentido de agencia personal que es resultado de interactuar y experimentar con otros sujetos y objetos inanimados en el mundo. Asimismo, las investigaciones que estudian las concepciones de los niños sobre la luz y la conformación de imágenes hacen uso de espejos. La mayoría de los niños de 10 y 11 años no poseen una concepción de la luz como entidad que viaja por el espacio, y por lo tanto no relacionan la reflexión del espejo con la reflexión de la luz (Guesne, 1985). Estos niños hacen referencia a la reflexión de los focos de luz (las lámparas, por ejemplo), sin dar indicios de que la luz se propague y llene el espacio. Por otro lado, los niños de 13 a 15 años, cuya mayoría ya ha

adoptado la concepción de que la luz es una entidad que se propaga en el espacio, expresan que el espejo refleja la luz. Por último, investigaciones con adultos reflejan algunas concepciones erróneas y comparan el conocimiento perceptual y el conceptual en relación al tamaño de las imágenes y a su ubicación en el espejo (Bertamini y Parks, 2005; Hecht, Bertamini y Gamer, 2005). Los autores sostienen que el conocimiento perceptual es superior al conceptual y alegan que estas diferencias pueden estar relacionadas con la conversión de derecha a izquierda y con la extensión sobrevalorada conceptualmente de los límites del espacio en el espejo. El uso cotidiano de los espejos, en el que los individuos se ven generalmente de frente, no siempre lleva a la comprensión de los fenómenos de reflexión (Bertamini y Parks, 2005). Este mismo uso cotidiano de los espejo hace que los espejos no sean algo sorprendente ni foco de preguntas e investigación.

Realizamos inicialmente un análisis del módulo que relaciona los mensajes del museo, las propuestas iniciales básicas, la propuesta interactiva, la estructura y despliegue de la información.

ANÁLISIS FUNCIONAL (Los mensajes del museo)	Reflexión y multiplicación de imágenes (efecto de infinito) Direcciones Ilusiones Relación entre el número de imágenes en cada esquina y el ángulo de intersección de los espejos.
ANÁLISIS DEL USUARIO (Propuestas iniciales básicas)	Verse reflejado en los espejos. Descubrir imágenes de sí mismo (verse la espalda, verse desde arriba). Moverse en el cuarto para ver las imágenes en movimiento.
ANÁLISIS DE LAS TAREAS (Propuesta interactiva, procedimientos, conductas, restricciones a la acción)	Focalizar la atención a las esquinas. Contar el número de imágenes (del cuerpo o de los objetos) en cada esquina. Comparar el número de imágenes en las distintas esquinas. Hacer variaciones de la ubicación de los objetos para verificar el efecto de la simetría y la multiplicación.
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN (Niveles de complejidad y despliegue de la información)	<u>Información explícita:</u> El número de imágenes en cada esquina es diferente. <u>Información implícita:</u> En el ángulo más pequeño hay más imágenes. <u>Información conceptual:</u> Cuánto más pequeño es el ángulo de intersección de los espejos, mayor cantidad de imágenes se ven reflejadas

Tabla 6.1: Análisis funcional del módulo de los espejos a partir de Gutwill y Thogersen, (2005), Postigo y Pozo, (2004) y Zhang, Johnson, Malin y Smith (2002).

Este análisis nos permitió localizar aquellos elementos que representan contenidos implícitos en la *Salita de espejos* y elegir las representaciones externas que fijaran la atención hacia un mensaje en particular: el número de imágenes en las esquinas conformadas por dos espejos. Para invitar a los visitantes a formular las preguntas en su interacción con el espejo y promover la investigación del fenómeno, incorporamos los cuerpos geométricos, que funcionan como representaciones externas de la multiplicación de las imágenes en las esquinas ya que se adosan a éstas formando imágenes completas. Asimismo, estos elementos pueden ser manipulados y al moverlos, se conforma una imagen diferente. El placer estético de la multiplicación de imágenes invita a probar diferentes posiciones de los objetos y a corroborar la correspondiente multiplicación de las imágenes. Al tener la *Salita de espejos* tres esquinas que reflejan un número diferente de imágenes, los cuerpos geométricos invitan a comparar un mismo fenómeno con tres valores diferentes y a inferir regularidades.

Los objetivos del estudio son:

1. Identificar los contenidos explicitados en la interacción con el módulo de los espejos.
2. Identificar las conductas y actitudes epistémicas desarrolladas en la interacción de padres y niños.
3. Comprender el rol de las representaciones externas (cuerpos geométricos) para la explicitación de contenidos relacionados con el número de imágenes en las esquinas.

Las preguntas específicas de la *Salita de espejos* - ¿De qué manera las representaciones externas llaman la atención sobre elementos particulares del módulo, estructuran las tareas, permiten el cómputo y la explicitación de contenidos determinados?

La hipótesis de este trabajo sostiene que las representaciones externas apoyarán el desarrollo de conductas epistémicas orientadas a comprender los fenómenos del módulo. Los cuerpos geométricos dirigirán la observación y apoyarán la manipulación de los objetos. Esta atención dirigida a los objetos permitirá la

inferencia de la relación entre el ángulo de intersección y el número de imágenes reflejadas y la explicitación de los contenidos.

Resumiendo, los elementos agregados al módulo pueden funcionar como *affordances* cognitivas ya que están orientados a:

- 1) atraer la atención a las esquinas, por medio de representaciones externas que promuevan el descubrimiento y la inferencia viso-espacial, provean información percibida directamente y apoyen el cómputo.
- 2) invitar a acciones relacionadas con la revisión del fenómeno, modificando metas y cambiando la naturaleza de la tarea.
- 3) provocar placer estético a través del juego con objetos, apoyar la redescipción y el establecimiento de relaciones entre variables, y la adaptación mutua con el módulo.
- 4) posibilitar la comparación de un mismo fenómeno con tres valores diferentes, apoyando la inferencia de regularidades.

6.2 ESTUDIO 1A

6.2.1 Metodología

6.2.1.1 Participantes

Sesenta familias que visitaron el Museo de Ciencias de Jerusalén participaron en el estudio. Una familia es definida como un grupo multi-generacional, que cuenta por lo menos con un adulto (mayor de 19 años) y un niño entre 5 y 10 años. (Borun *et al.* 1998). Todas las interacciones verbales tuvieron lugar en hebreo y han sido traducidas al castellano por la autora.

6.2.1.2 Tareas- Descripción del módulo

Se identificó un módulo en el museo que cumplía con los requisitos indicados por Borun *et al.* (1998) para apoyar el aprendizaje familiar. La *Salita de espejos* es un cuarto triangular alfombrado, recubierto de espejos en las tres paredes y el techo. Los ángulos de los rincones del cuarto son diferentes- 45, 60 y 90 grados,

respectivamente. Los visitantes tienen acceso al módulo por una entrada pequeña. Al ingresar al módulo, pueden ver su imagen reflejada en los espejos de las paredes, en el techo y en cada uno de los rincones.

En la situación experimental se incorporó un prisma al ángulo de 45 grados (observándose un prisma de base hexagonal formado por las 12 imágenes reflejadas), un prisma de base triangular al ángulo de 60 grados (observándose un prisma de base hexagonal de la mismas dimensiones que el anterior pero formado por seis imágenes) y un cubo en el ángulo de 90 grados (observándose un prisma de base cuadrada formado por las cuatro imágenes del cubo pequeño). Los objetos agregados, por su forma, colorido y materialidad, se reflejan en los espejos y producen imágenes similares a un kaleidoscopio.

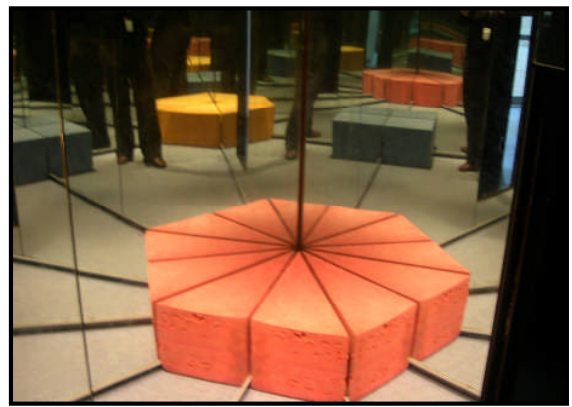


Figura 6.1: La Salita de espejos con y sin cuerpos geométricos.

Los objetivos de los módulos interactivos en el museo de ciencias son generalmente determinados por el equipo que planifica las exposiciones. Dicho equipo incluye al comisario de la muestra, científicos, expertos en educación y diseñadores. Los mensajes de la *Salita de espejos* se enuncian como "frases de descubrimiento", frases que los niños o los adultos pueden enunciar como apoyo a lo que experimentan.

Puedes ver muchas imágenes de ti mismo porque cada espejo se refleja en el otro. (Reflexión y multiplicación de imágenes)

Puedes ver tu propia espalda (Direcciones)

Se ven rondas de imágenes en las esquinas (Ilusiones)

El número de imágenes en cada esquina es diferente ya que en cada esquina el ángulo entre los espejos es distinto (Ángulos)

6.2.1.3 Procedimiento - Recolección de datos en el museo

Se diseñó un experimento de campo, tomando a la familia como unidad de análisis. Se registraron en video las interacciones de los visitantes, con o sin tres cuerpos geométricos adosados a cada uno de los rincones. La variable dependiente fue el tiempo de interacción en el módulo. Un primer paso fue conformar un grupo de 20 familias que respondiera a la definición de Borun *et al.* (1998). Se recolectaron los datos de todo grupo familiar con niños en edades pertinentes, que ingresara a la exposición. El 90% de las familias aceptaron participar en el estudio. Las familias que se negaron argumentaron tener prisa, desinterés o aceptaron que solo los niños fueran filmados. De las 62 familias que dieron su consentimiento, se seleccionaron los casos que interactuaron con el módulo sin interferencia masiva de otros visitantes presentes al mismo tiempo. Fueron descartados los casos en los cuales los padres no ingresaron con sus hijos simultáneamente y aquellos en los que los padres ingresaron con un niño menor de 5 años, conformándose un grupo de 20 familias. Se procedió en un segundo paso a recolectar los datos del tiempo de interacción de 40 familias adicionales. Estos datos fueron recogidos sin el consentimiento previo ni el registro de los datos demográficos, lo que impide identificar a los individuos. Estos 40 casos adicionales, 20 en la situación experimental y 20 en la situación de control, tienen por objeto crear un grupo más amplio al considerar la variable tiempo.

6.2.1.4 Análisis de los datos

En este estudio consideramos el tiempo como indicador de "atrapabilidad" y de "atractividad" (Asensio, 2000). Se midió la duración de las interacciones con el módulo, desde la llegada conjunta de padres e hijos hasta su salida. Se aplicó el procedimiento ANOVA para analizar las diferencias de los tiempos de interacción de las familias en la situación experimental y en la situación control.

6.2.2 Resultados

6.2.2.1 Medición del tiempo

El tiempo de interacción fue medido para las 60 familias de la muestra. Se observaron diferencias significativas ($F(1, 58) = 10.13, p < .005$) entre los tiempos de los individuos del grupo experimental y los del grupo control, aumentando el tiempo de interacción del grupo experimental.

Figura 6.2. Tiempos de interacción en el módulo por situación experimental

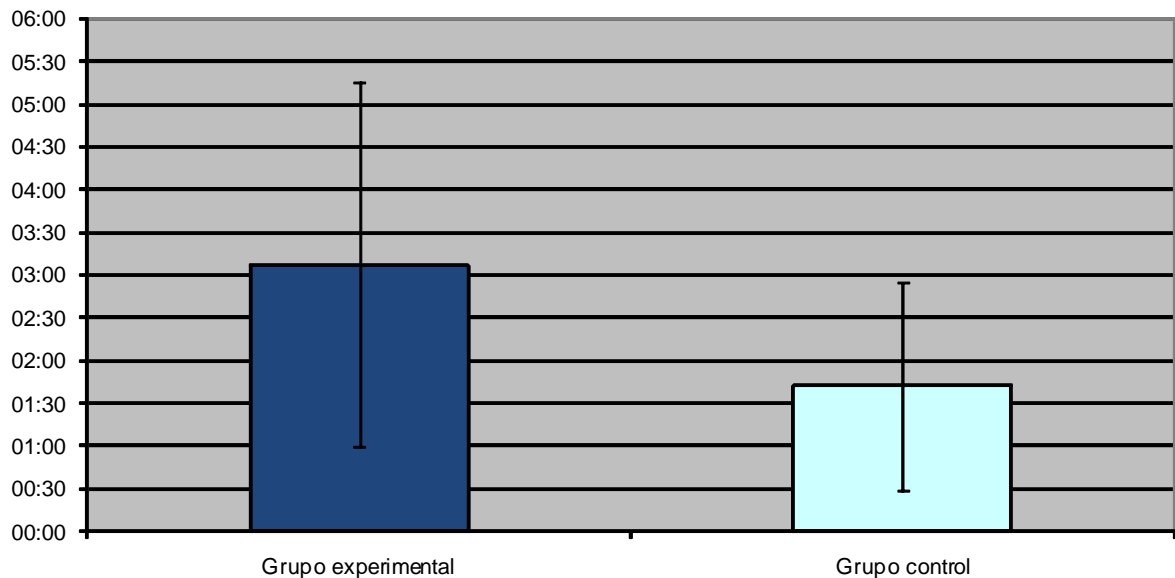


Figura 6.2. Tiempos de interacción en el módulo por situación experimental.

Si bien el tiempo es un indicador robusto de actividad frente a módulos interactivos, es lícito preguntar que variedad de actividades se desarrollan en ese tiempo. Para dar luz a la utilización del tiempo en la interacción, se analizaron en un segundo estudio las conversaciones y las conductas registradas en el subgrupo de 20 familias.

6.3 ESTUDIO 1B

6.3.1 Metodología

6.3.1.1 Participantes

Veinte familias (diez en la situación experimental y otras diez en la situación control) participaron en este estudio.

6.3.1.2 Procedimiento

La *Salita de espejos* se halla situada en la zona del museo dedicada a niños de 3 a 9 años y sus familias. Esta zona cuenta con 10 módulos interactivos. A la entrada de esta exposición, la investigadora se dirigió a uno de los padres, pidiendo su consentimiento para participar en el estudio, indicando que el objeto del estudio era identificar las características de los módulos que se adaptaran a la interacción familiar. Se especificó que la consigna era interactuar naturalmente con el módulo. Los padres llenaron un cuestionario con datos socio-demográficos. Se registraron las interacciones y las conversaciones.

6.3.1.3 Análisis de los datos

Se realizaron varios análisis de los datos: El registro de las conversaciones permite realizar varios análisis, algunos cuantitativos y otros cualitativos: 1) Realizamos análisis de las conversaciones por medio de métodos estadísticos lexicométricos y elaboramos un índice de familia resumiendo los contenidos explicitados durante la interacción. 2) Con el objeto de revelar la explicitación de los contenidos del módulo y comparar a las familias en ambas situaciones (con y sin cuerpos geométricos) se procedió a identificar categorías de contenido, durante las conversaciones. Se realizó un análisis de varianza de la frecuencia de la mención de las categorías según la situación. 3) Registramos asimismo, las conductas epistémicas y los patrones de actuación específicos. 4) Por último, la interacción de una familia en profundidad, uniendo los datos textuales y las categorías de contenido, nos permitió articular la información recibida a través de los otros análisis. .

6.3.2 Resultados

6.3.2.1 Análisis estadístico de datos textuales

En el capítulo 5 desarrollamos los métodos de análisis lexicométricos empleados en esta tesis. Recordamos que nuestro interés es utilizar estos análisis para identificar grupos léxicos relacionados con los grupos de las situaciones experimentales. Por lo tanto se conformaron cuatro grupos, tomándose como unidad de análisis los textos de los padres aislados de los textos de los hijos en cada una de las situaciones, la experimental y la de control. Los cuatro grupos cuentan con 10 individuos cada uno: el grupo **Adulto 1** está conformado por los textos de padre y/o madre de las diez familias que participaron en la situación experimental con los cuerpos geométricos. Cada unidad de análisis está conformada por el habla de un padre y posteriormente la del otro progenitor en caso de estar ambos presentes, registrándose primero el progenitor que interviene más activamente. El grupo **Adulto 2** está conformado por los textos de padre y/o madre de las diez familias que participaron en la situación de control, sin los cuerpos geométricos. En los grupos **Niños 1** y **Niños 2** se registraron las producciones verbales de uno o más niños pertenecientes a la familia, con o sin cuerpos geométricos. En una primera etapa se realizaron dos Análisis Factoriales de Correspondencias Simples (AFCS). El primero estudia las asociaciones entre los individuos y todas las palabras diferentes que han aparecido en las conversaciones, sin ningún tipo de selección a priori. De acuerdo a las asociaciones encontradas, se procedió a agrupar los individuos según la o las variables que hubieran resultado relevantes y a estudiar las asociaciones entre palabras y categorías de individuos. Se aplicó entonces un segundo AFCS para identificar grupos léxicos, caracterizados por un vocabulario distintivo y una o más modalidades de las variables de los participantes. En este trabajo, consideramos la variable con o sin cuerpos geométricos como variable activa.

Una vez diferenciados los grupos léxicos, el procedimiento de Selección Automática de Respuestas Modales del programa SPAD-T 5.5 permitió identificar las respuestas originales completas que resultaron emblemáticas de cada grupo léxico, lo que posibilita la descripción del mismo y la utilización de ejemplos ilustrativos cuya selección se sustenta en criterios estadísticos.

Primera etapa: Análisis factorial de correspondencias simples sobre la tabla individuos/palabras. El número total de palabras del corpus es 3723, el número de palabras distintas es 658. Después de la aplicación de un umbral de 15 frecuencias, quedaron 63 palabras. La inercia es 2.0710. Este análisis previo configura una tabla de contingencia que relaciona las palabras con los individuos sin ninguna organización previa. Los valores test de las modalidades ilustrativas en la Tabla 6.2 indican que las modalidades (**Adulto 1, Niño 1 y 2**) alcanzan un valor superior a 2.

SITUACION	VALORES TEST	
	EJE 1	EJE 2
Adulto 1	-1.3	-2.0
Adulto 2	0.5	-1.6
Niño 1	0.1	3.0
Niño 2	3.0	2.8

Tabla 6.2: Valores- test de las modalidades de las variables ilustrativas (adulto- niño y situación experimental).

El análisis factorial de correspondencias sobre la tabla de todos los individuos y todas las palabras muestra que tres de las cuatro modalidades de las variables de situación alcanzan el valor-test en uno o ambos ejes, lo que permite afirmar que el léxico de los padres en la situación experimental y el léxico de los grupos de niños en las dos situaciones presentan diferencias estadísticamente significativas al responder a la tarea. El grupo de **Adulto 2** en la situación control no alcanza el valor test en los primeros dos ejes, por lo cual podemos afirmar que no presenta un léxico distintivo que lo permita agrupar y distinguir de las otras modalidades.

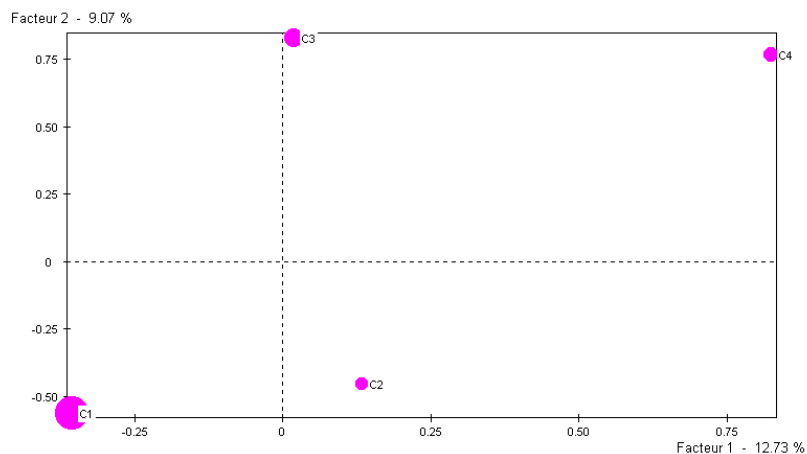


Figura 6.3: Proyección de las modalidades de las variables ilustrativas (situación experimental) en el plano factorial.

En el plano de la figura 1 se observa el ordenamiento de las variables ilustrativas en relación a los ejes: en el eje 1, el grupo **Adulto 1** (C1) y el grupo **Niño 2** (C4) se oponen de manera extrema, o sea que las palabras más utilizadas por un grupo son las menos utilizadas por el otro. Los grupos **Adulto 1**(C1) y **Niño 1** (C3) se hallan relativamente cercanos por lo que parecen compartir algunas palabras. En el eje 2 los grupos **Adulto 1 y 2**(C2) se hallan cercanos y así como los **Niño 1 y 2**, lo cual certifica que los léxicos de los padres entre sí y de los niños entre sí tienen palabras en común.

Segunda etapa: Análisis factorial de correspondencias simples sobre la tabla agregada situación –palabras. Después de la aplicación de un umbral de 17 frecuencias, quedaron 49 palabras. El índice de diversidad es de 17.7. La inercia es 0,2724. El umbral más alto (palabras repetidas 17 veces en lugar de 15) fue aplicado para reducir el número de palabras y así aumentar la claridad de la representación gráfica, sin perder información.

Los resultados del análisis factorial de correspondencias sobre la tabla léxica agregada que relaciona las palabras con las cuatro modalidades de las situaciones experimentales, permiten observar la contribución de dichas modalidades a los ejes

factoriales. En la Tabla 6.3 se identifican con subrayado las modalidades de esta variable que resultan contributivas a la conformación de los ejes del plano factorial.

SITUACIÓN	CONTRIBUCIÓN	
	EJE 1	EJE 2
Adulto 1	<u>29.2</u>	7.7
Adulto 2	1.0	8.2
Niño 1	1.3	<u>73.0</u>
Niño 2	<u>68.5</u>	11.2

Tabla 6.3: Contribución de las modalidades de la variable activa (con y sin cuerpos geométricos) a los ejes 1 y 2 del plano factorial.

El análisis factorial de correspondencias sobre la tabla léxica agregada (segunda etapa) estableció diferencias léxicas entre tres de las cuatro modalidades de la variable situación. La Tabla 6.4 muestra la contribución de las palabras a la conformación de los ejes factoriales. La contribución media de las palabras en este caso es de 2,12. Las palabras subrayadas son aquellas cuya contribución es igual o superior a la media.

COORDINADAS CONTRIBUCIONES Y COSENO CUADRADO DE LOS INDIVIDUOS
EJES 1 A 3

INDIVIDUOS			COORDIANDAS					CONTRIBUCIONES				
IDENTIF	P.REL	DISTO	1	2	3	0	0	1	2	3	0	0
a	4.49	0.16	-0.21	-0.29	0.17	0.00	0.00	1.4	4.4	2.6	0.0	0.0
ahora	1.20	0.20	0.29	0.07	0.32	0.00	0.00	0.8	0.1	2.4	0.0	0.0
allí	1.60	0.07	0.07	0.03	0.25	0.00	0.00	0.1	0.0	1.8	0.0	0.0
aquí	4.44	0.08	0.08	0.26	-0.04	0.00	0.00	0.2	3.6	0.2	0.0	0.0
arriba	0.95	0.43	0.03	-0.02	-0.66	0.00	0.00	0.0	0.0	7.7	0.0	0.0
cinco	0.90	0.70	-0.01	0.84	-0.01	0.00	0.00	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0
cuatro	1.45	0.32	0.08	0.56	0.06	0.00	0.00	0.1	5.3	0.1	0.0	0.0
cuántos	2.54	0.29	0.48	-0.24	0.04	0.00	0.00	4.4	1.8	0.1	0.0	0.0
cómo	1.00	0.53	0.54	-0.24	0.43	0.00	0.00	2.2	0.7	3.4	0.0	0.0
de	3.04	0.08	0.03	-0.18	0.20	0.00	0.00	0.0	1.2	2.4	0.0	0.0
dos	1.95	0.60	-0.55	0.54	0.04	0.00	0.00	4.4	6.8	0.1	0.0	0.0
el	2.79	0.08	0.26	-0.10	-0.04	0.00	0.00	1.4	0.3	0.1	0.0	0.0
en	2.19	0.04	-0.01	-0.17	-0.12	0.00	0.00	0.0	0.8	0.6	0.0	0.0
es	3.54	0.18	-0.40	0.09	0.11	0.00	0.00	4.2	0.4	0.8	0.0	0.0
espejos	3.74	0.70	-0.69	-0.25	-0.40	0.00	0.00	13.2	2.7	11.2	0.0	0.0
esquina	0.85	0.44	0.49	-0.21	0.38	0.00	0.00	1.5	0.5	2.4	0.0	0.0
hacia	1.30	0.13	0.03	-0.16	-0.32	0.00	0.00	0.0	0.4	2.4	0.0	0.0
hay	3.79	0.07	0.22	0.15	-0.06	0.00	0.00	1.4	1.0	0.3	0.0	0.0
la	2.34	0.07	-0.09	-0.19	0.17	0.00	0.00	0.1	1.0	1.3	0.0	0.0
las	1.65	1.48	-0.96	-0.61	0.44	0.00	0.00	11.2	7.3	5.9	0.0	0.0
lo	1.65	0.18	0.39	-0.10	0.15	0.00	0.00	1.8	0.2	0.7	0.0	0.0
los	1.65	0.13	0.25	-0.01	-0.26	0.00	0.00	0.8	0.0	2.1	0.0	0.0
mamá	1.15	1.29	-0.21	1.12	0.05	0.00	0.00	0.4	17.1	0.1	0.0	0.0
me	0.85	0.24	-0.18	-0.31	0.34	0.00	0.00	0.2	0.9	1.8	0.0	0.0
mira	2.69	0.23	0.05	0.34	-0.34	0.00	0.00	0.1	3.8	5.7	0.0	0.0
miren	0.95	0.28	0.44	-0.29	-0.05	0.00	0.00	1.3	0.9	0.0	0.0	0.0
no	3.34	0.13	0.34	-0.01	0.12	0.00	0.00	2.9	0.0	0.9	0.0	0.0
oyy	1.05	0.49	0.22	-0.06	-0.66	0.00	0.00	0.4	0.0	8.6	0.0	0.0
papá	1.60	0.96	-0.93	0.14	-0.28	0.00	0.00	10.2	0.4	2.3	0.0	0.0
pero	1.00	0.41	0.49	-0.14	0.39	0.00	0.00	1.8	0.2	2.8	0.0	0.0
por	1.70	0.06	0.09	0.19	0.12	0.00	0.00	0.1	0.8	0.5	0.0	0.0
que	2.64	0.17	0.35	-0.15	-0.15	0.00	0.00	2.4	0.8	1.2	0.0	0.0
qué	4.04	0.07	0.24	-0.13	-0.05	0.00	0.00	1.7	0.8	0.2	0.0	0.0
se	2.79	0.14	0.23	0.14	0.26	0.00	0.00	1.1	0.6	3.5	0.0	0.0
seis	1.15	0.45	0.19	0.58	0.27	0.00	0.00	0.3	4.6	1.6	0.0	0.0
también	1.00	0.06	0.10	0.11	-0.19	0.00	0.00	0.1	0.2	0.7	0.0	0.0
te	1.20	0.18	0.41	-0.03	0.12	0.00	0.00	1.5	0.0	0.3	0.0	0.0
todo	0.85	0.83	-0.31	-0.55	-0.65	0.00	0.00	0.6	3.0	6.8	0.0	0.0
tres	1.50	0.52	-0.61	0.36	0.15	0.00	0.00	4.1	2.3	0.7	0.0	0.0
un	3.54	0.14	-0.36	-0.08	-0.04	0.00	0.00	3.5	0.3	0.1	0.0	0.0
una	2.99	0.09	-0.12	-0.24	0.15	0.00	0.00	0.3	2.0	1.3	0.0	0.0
uno	1.40	0.72	0.06	0.85	0.06	0.00	0.00	0.0	11.9	0.1	0.0	0.0
ven	1.70	0.15	0.18	0.17	-0.30	0.00	0.00	0.4	0.6	2.9	0.0	0.0
xxxx	5.54	0.27	0.42	-0.17	-0.24	0.00	0.00	7.3	1.9	6.2	0.0	0.0
y	3.44	0.03	-0.04	-0.11	0.12	0.00	0.00	0.0	0.5	0.9	0.0	0.0
yo	1.85	0.30	-0.46	0.13	0.26	0.00	0.00	2.9	0.4	2.4	0.0	0.0
éste	1.05	0.99	-0.98	-0.15	0.09	0.00	0.00	7.4	0.3	0.2	0.0	0.0

Tabla 6.4 Contribución de las palabras a los ejes 1 y 2 del plano factorial.

El análisis de las palabras contributivas a cada uno de los ejes ilustra algunas diferencias entre los grupos.

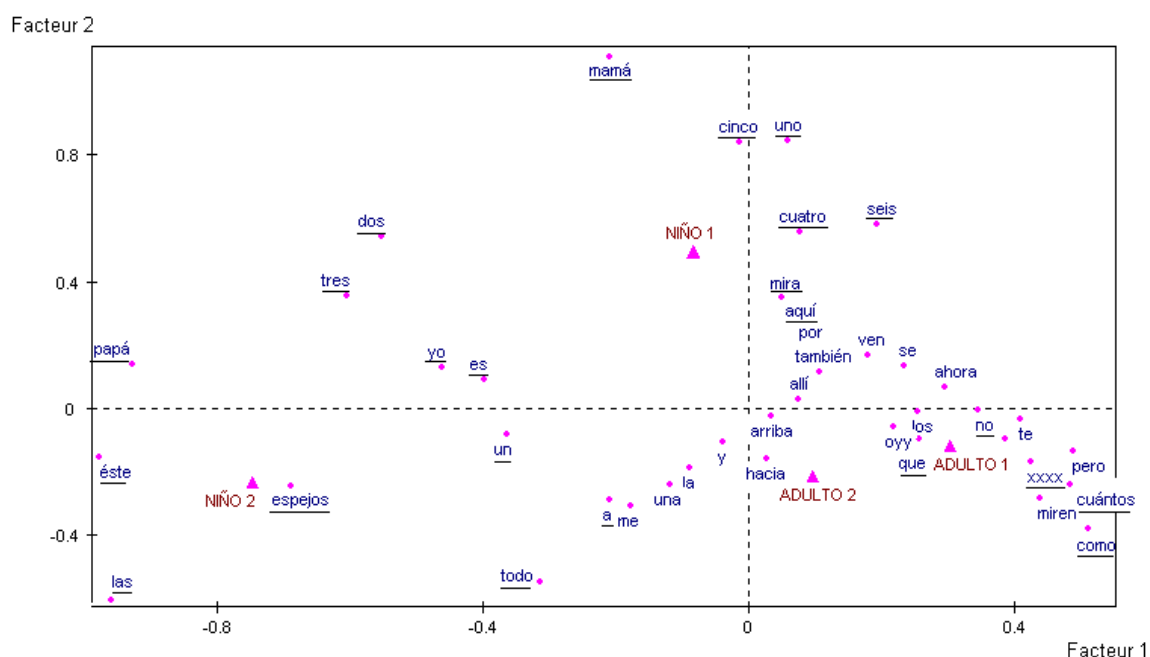


Figura 6.4 Proyección de las palabras y de las modalidades de las variables activas en el plano factorial. Aparecen subrayadas las palabras contributivas.

En el eje 1 registramos las palabras **yo**, **éste**, **un** por un lado y en el otro extremo palabras **como**, **que**, **cuántos**. Esto parecería indicar que las diferencias en este eje pasan de lo denotativo y de la identificación (**éste**, **un**, **yo**) a palabras que involucran una actitud analítica o indagatoria (**cuántos**, **no**, **que**). En el eje 2, las palabras contributivas indican en el extremo inferior lo generalizado (**todo**) y por el otro lo cuantificado (**uno**, **dos**, **tres**, **cuatro**, **cinco**, **seis**). Esta diferenciación se analizará más detalladamente en el análisis de las respuestas modales.

Tercera etapa: Descripción de los grupos léxicos que resultan del Análisis Factorial de Correspondencias y el procedimiento de Respuestas Modales. Dado que el análisis factorial de correspondencias sobre la tabla léxica agregada (segunda etapa) estableció diferencias léxicas entre tres de las cuatro modalidades, se procedió a analizar cualitativamente las respuestas ejemplares o típicas de estos tres grupos, según el procedimiento de Respuestas Modales. A continuación se presenta la descripción de las primeras tres familias de las modalidades diferenciados por el análisis factorial de correspondencias. En las descripciones se incluyeron fragmentos

de las respuestas modales a título ilustrativo, separándose con doble barra las que corresponden a participantes distintos.

Grupo léxico asociado a la modalidad Adulto con cuerpos geométricos: El grupo **Adulto 1** fue caracterizado principalmente por las palabras cuántos no, como, que, **XXXX** símbolo que fue utilizado en el corpus para indicar el uso del nombre de pila de los niños). Las respuestas modales muestran que los adultos de este grupo invitan a sus hijos a realizar acciones relacionadas con los efectos en los espejos y en las esquinas, a utilizar su cuerpo y observarse (**Mira hacia el costado como si te mirases a ti mismo // Bailen; como en una ronda// caminen hacia atrás hasta tocarme, pero sin mirar hacia atrás**). Los padres insisten en la cuantificación de los fenómenos observados: utilizan la palabra **cuántos** en diversos contextos relacionándola con el número de niños (**¿Cuántas veces te ves?**) o el número de figuras que se registran en las esquinas (**¿Cuántos triángulos? ¿Cuántos lados hay allí? // ¿Cuántos cubos salieron?**). Este hincapié en la cuantificación se ve reflejado en frases que señalan la compleja tarea de contar las imágenes reflejadas (**¿Es imposible de contar?**) o en las indicaciones que brindan a sus niños cuando éstos cometen errores en sus cuentas (**¿Cinco? cuenten bien**). Los adultos invitan a sus niños a hacer comparaciones. Se producen comparaciones entre las personas y sus imágenes (**¿Quién es la verdadera, tú o ella? // El verdadero está allí**) y en distintas oportunidades se refleja perplejidad por los efectos en los espejos (**xxxx tú mostrarás (la foto) en la escuela y no entenderán cuántas veces apareces // Y yo que pensaba que era la otra**). Se comparan asimismo las formas en las esquinas (**Si lo acercamos, ¿qué forma saldrá? ¿Y si lo pasamos aquí? // Y al tuyo, ¿cómo se lo ve? ¿Y al mío? // Veamos a qué esquina, veamos qué asiento es para cada esquina**). Este grupo de adultos insiste en el pedido de explicaciones (**¿Cómo puede ser? ¿Cómo sabías cuál era yo el verdadero? ¿Cómo lo sabes tú? // Eso lo veo, salta. Pero, ¿por qué salta?**) y en algunos casos confirman o amplían las explicaciones que dan los hijos (**Correcto, tiene un ángulo más agudo**). En cuanto al uso de los objetos, los padres mencionan los nombres de los cuerpos geométricos como si fueran figuras planas (**¿Y cómo se llama esta figura? Rombo. Aquí hay un rombo// Aquí de un hexágono, ¿cuántos hexágonos salieron?**) y dan nombres a las formas que se ven en los espejos (**Una estrella// ¿Has visto qué flor ha crecido aquí?**). Es interesante señalar que por haber ingresado en el corpus las conversaciones entre los padres y los niños, encontramos en las respuestas modales muchas preguntas. Las

preguntas de este grupo de adultos son enunciadas en situaciones que requieren información, solicitan aclaraciones o invitan a la acción.

La palabra contributiva **NO** característica de este grupo requiere un estudio más detallado: los padres utilizan esta palabra no solo para indicar que la respuesta que dan los niños es incorrecta (**Cuántos, Cuántos... no, no**) sino también para controlar la actividad de los niños (**No se muevan // No te olvides que se ve también arriba**), ofrecer ayuda o consuelo (**¿No puedes? Yo lo voy a mover.; No pasó nada**); negar situaciones de manera humorística (**Ése no es el verdadero; No, él hace cosas y yo lo imito**) y asimismo para pedir explicaciones y aclaraciones (**No lo entiendo// Todavía no habéis respondido a mi pregunta**).

Grupo léxico asociado a la modalidad Adulto sin cuerpos geométricos: El grupo **Adulto 2** no registró diferencias significativas en el uso del léxico con respecto a los otros grupos. En el gráfico de la figura 6.2, este grupo se halla en el cuadrante inferior derecho al igual que el grupo de **Adultos 1**. Por lo que parecería compartir con este grupo algunas palabras, ya que las modalidades contributivas no implican exclusividad en el uso del léxico. Al no ser ésta una modalidad contributiva no es lícito analizar sus respuestas modales. Podemos interpretar este resultado de la siguiente manera: al no diferenciarse estadísticamente de los otros grupos no podemos afirmar que el grupo **Adulto 2**, o sea la agrupación de los textos de los padres en la situación control, use palabras distintas de los otros grupos, ni que use mayoritariamente palabras que otros usan poco. Los análisis complementarios nos permitirán registrar las diferencias entre los grupos.

Grupo léxico asociado a la modalidad Niño con cuerpos geométricos El grupo **Niño 1** que incluye a los textos agrupados de los niños en la situación experimental, se ve caracterizado por las palabras **uno, dos, tres cuatro, cinco, seis, mira aquí**. El análisis de las respuestas modales confirma que el acto de contar es una de las actividades principales de este grupo en su interacción con los espejos. Los niños cuentan de a una o de a dos imágenes (**Uno, dos, tres, uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete// Dos, cuatro, seis**), utilizan los números para indicar cantidad (**Yo hice doce, hice doce// Hay aquí mil xxxx**) o señalan la dificultad de contar todas la imágenes

pero continúan contando (**Uno, dos, tres, cuatro cinco, Mamá, cinco, es imposible siete, ocho, nueve, diez, once, doce, trece, catorce, quince, dieciséis, diecisiete**). Los niños encuentran varias oportunidades para contar las imágenes y en cada ocasión cuentan elementos diferentes – un mismo niño en un primer instante, da una respuesta con un numeral (**cuatro**), el número de imágenes observables en la esquina de 90 grados, posteriormente cuenta las imágenes en otra esquina (**Seis y ahora lo desarmamos**)- el número de imágenes en la esquina de 60 grados y por último pasa a la esquina de 30 grados y cuenta en voz alta las doce imágenes (**Uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez, once, doce**). Los niños de este grupo invitan a sus padres a mirar en distintas direcciones (**Mira hacia arriba xxxx // Miren allí todas las niñas // Allí hay xxxx, y también allí**) invitan a sus padres a mirar las figuras que se forman en las esquinas (**Yo estoy sentado en la flor, Mamá, ven a verme**). Los niños y niñas mencionan los espejos en diversas ocasiones (**Éste es un cuarto de espejos// Ése es un espejo// Aquí hay espejos**). Los niños de la situación experimental describen los efectos que ven en los espejos con analogías (**una flor; pizza**). Señalamos anteriormente que el grupo **Adultos 1** insiste en el pedido de explicaciones. Relacionadas con esta insistencia, las explicaciones de los niños describen el efecto observado en las esquinas: (**Porque éste es un triángulo más pequeño y éste es un triángulo más grande; porque tú haces cosas y el espejo te imita // ¿Por qué? hay aquí una cola, entonces...**). Y también con el efecto general de la multiplicación (**¿Sabes tú por qué, hay muchos XXXX y muchos XXXX, y muchos Papás? Porque cuando miramos en los espejos, hay allí muchos**). Volveremos a las explicaciones y su desarrollo en el análisis de los patrones de actuación.

Grupo léxico asociado a la modalidad Niño sin cuerpos geométricos: El grupo **Niño 2** utiliza las palabras **éste, las, espejos, todo, un, a**. Los niños del grupo hablan de las imágenes reflejadas de su cuerpo (**Bailo conmigo mismo, fijate cuántos yo // Mira a todas las niñas que tienen una blusa como la mía**), expresan su agrado frente a los fenómenos observados (**¿Qué bueno está!// Todo el mundo está lleno**) y la sensación o la perplejidad de sentirse perdidos (**Papá, ¿dónde estoy? No sé salir. ¿Cómo salgo de aquí? // ¿Es un laberinto de espejos? ¿Esos somos nosotros?**). Los niños intentan fijar los límites del cuarto y su forma (**Es un triángulo de espejos // Yo veo todos los espejos aquí. Éste es un espejo, Éste es un espejo**). Estos niños desarrollan asimismo situaciones de juego simbólico con las imágenes reflejadas (**Soy Spiderman // Todas las espadas en alto**). Los

niños de este grupo dan explicaciones del fenómeno de multiplicación de imágenes en los espejos (**Un espejo dentro de otro espejo. Un espejo que ve otro espejo// Este espejo y este otro, los dos juntos**).

El análisis lexicométrico nos ha permitido identificar relaciones entre los léxicos de los padres y niños del grupo experimental particularmente en el uso de numerales para la cuantificación, mostrando una actitud epistémica relacionada con el conteo de las imágenes. Registramos a continuación los contenidos específicos implícitos en el módulo y su mención durante la interacción.

6.3.2.2 Índice de familia

Con el objeto de revelar la claridad de los mensajes del módulo, se procedió a resumir la mención de esquinas o ángulos durante las conversaciones. Este registro permitió comparar a las familias en ambas situaciones en relación al mensaje que se deseaba explicitar (en nuestro caso que cuánto más pequeño es el ángulo de intersección de los espejos, mayor cantidad de imágenes se ven reflejadas). Los datos relativos a la atención prestada a ángulos y esquinas, se registraron en una tabla, indicándose la frecuencia en la que cada familia hiciera mención de esquinas o ángulos en sus conversaciones. Se aplicó un análisis de Mann Whitney para mostrar diferencias significativas en la frecuencia de la mención de ángulos y esquinas en las distintas situaciones. Se conformó una tabla que resume los datos recibidos de las transcripciones de las conversaciones realizadas en el módulo.

El análisis de Mann Whitney muestra la distribución de las frecuencias de la mención de ángulos o esquinas en las dos situaciones. Hallamos una diferencia estadística significativa en la frecuencia de la mención de ángulos o esquinas durante la conversación en el módulo ($U(10) = 20.00, p < .05$) o sea que padres y niños de la situación experimental hablan de las esquinas y los ángulos en el módulo siendo las esquinas foco de atención en esta situación.

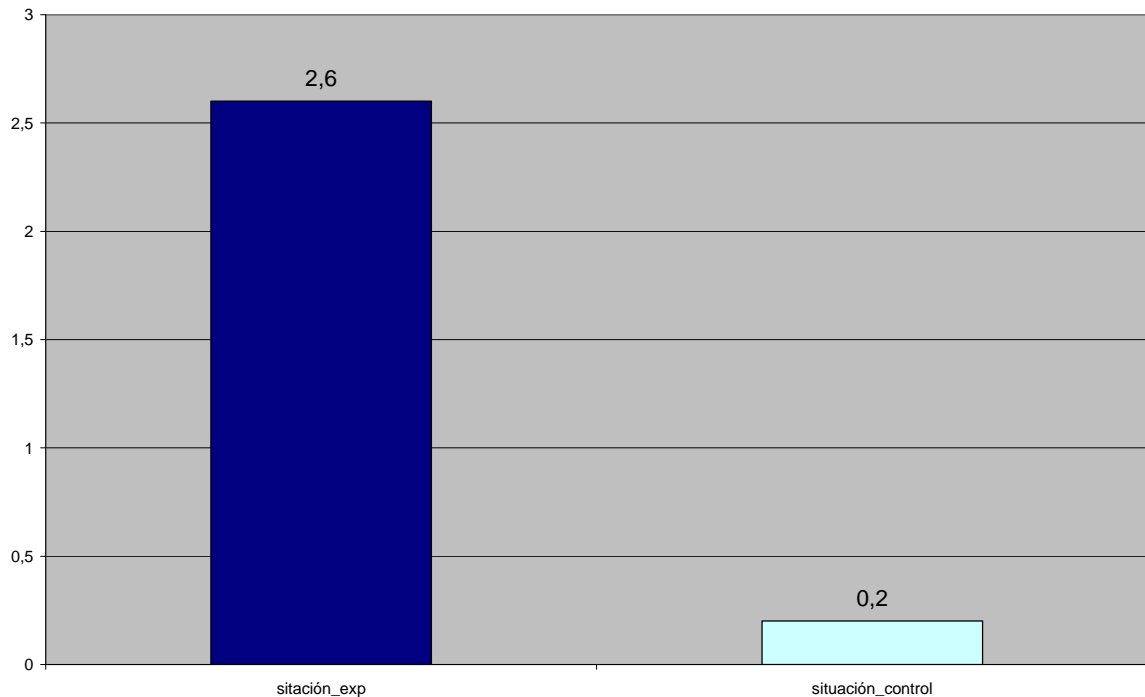


Figura 6.5: Frecuencia de mención de ángulos o esquinas por situación experimental.

Podemos observar también que, siendo la media de la situación experimental de 2,6 menciones, las familias de la situación experimental mencionan las esquinas en más de una oportunidad lo que parece indicar una actitud de comparar, dato que complementaremos con el análisis siguiente.

6.3.2.3 Análisis de datos de video

Registro de conductas observables en el video- Se realizó un análisis previo, que permitió la definición de categorías. Posteriormente éstas fueron reagrupadas registrándose exclusivamente aquellas que resultaran informativas y discriminativas entre las situaciones. El análisis conjunto de dos jueces, que observaron dos casos en profundidad permitió la definición estricta de las categorías. Se realizó posteriormente un análisis independiente de nueve casos, registrándose la fiabilidad inter-jueces por medio del análisis Kappa. En un primer paso se determinaron y definieron las categorías observables e informativas de las interacciones de padres y niños en el módulo. Posteriormente, dos jueces observaron en conjunto dos videos y analizaron las conductas registradas, redefiniendo las conductas. Varias categorías fueron reagrupadas, otras fueron anuladas, debido a la dificultad de definir las de

manera inequívoca o su carencia de valor informativo y discriminante. En una segunda etapa se realizó un proceso de Fiabilidad Interjueces para la definición estricta de los criterios. Nueve casos (de un total de 20 familias) fueron analizados por dos jueces independientes, siendo el coeficiente Kappa de .955.

La conducta que más desacuerdos produjo fue la de señalar ya que no siempre el levantar o extender el brazo es un acto inequívoco de señalar algo. A pesar de la dificultad de definir esta categoría de manera exhaustiva, se optó por incluirla dada la información que puede suministrar. En la Figura 6.6, se registran los resultados del análisis Mann Whitney de las categorías que resultaron significativas.

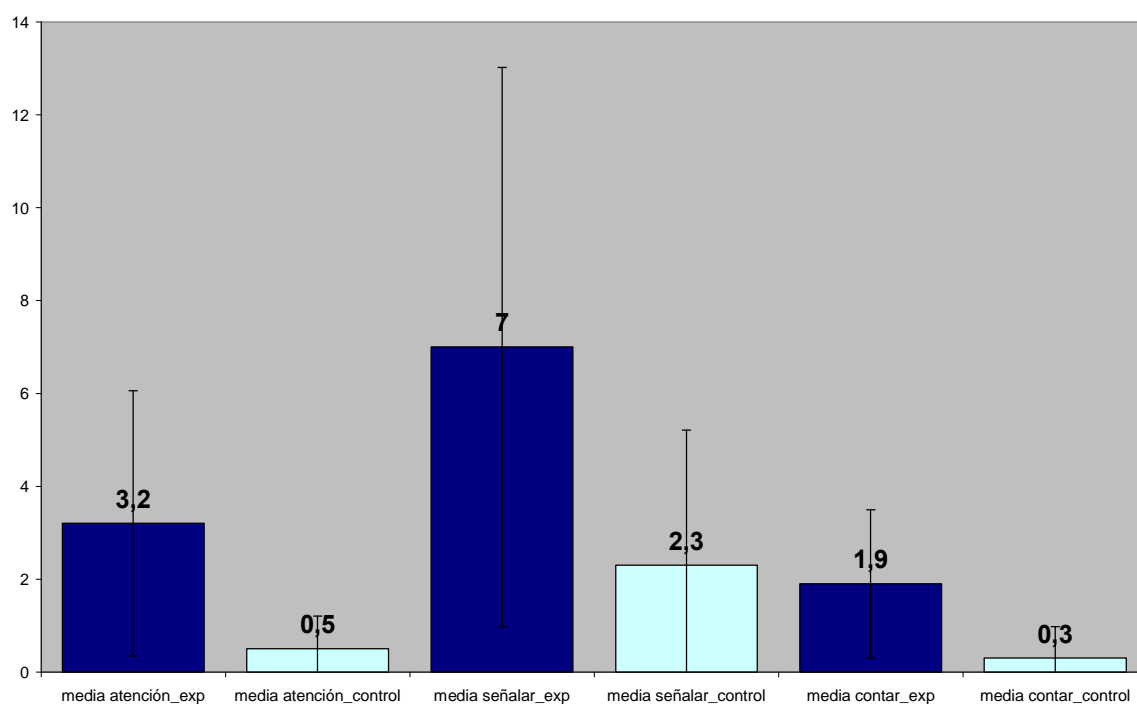


Figura 6.6 Medias de frecuencias de conducta que resultaron significativas por situación.

Pasamos a detallar a continuación la definición de cada una de las categorías de conducta y su frecuencia en la situación experimental y en la situación de control. Registramos las medias y las desviaciones estándar de las conductas en ambas situaciones en la Tabla 6.5.

	MEDIA SIT EXP.	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	MEDIA SIT CONTROL	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Atención conjunta	3.2	2.85	0.5	0.70
Señalar	7.0	6.01	2.3	2.90
Contar	1.9	1.59	0.3	0.67
Cambiar de lugar los objetos	3.5	4.90	----	----
Se sienta sobre los objetos	4.6	3.80	----	----

Tabla 6.5 Medias y desviación estándar de las categorías de conducta que resultaron estadísticamente significativas por situación.

Definimos la atención conjunta a una esquina como la actividad de padres y niños, o la actividad de un adulto o un niño en una esquina mientras otros observan en esa dirección. El análisis no paramétrico Mann Whitney muestra diferencias estadísticamente significativas entre ambas situaciones ($U(10) = 13.00, p < .01$). Podemos concluir que el grupo experimental repara en las esquinas e interactúa en ellas. La media de este grupo es de 3,2, siendo la desviación estándar de 2.85. Esto podría apuntar a que la mayoría del grupo repara en las 3 esquinas. Este dato concuerda con la mención de esquinas o ángulos y será corroborado en el análisis de una familia en profundidad.

Definimos la conducta de señalar como indicar con la mano, el brazo extendido o no. En general esta conducta se vio acompañada por la invitación explícita a mirar o a realizar una acción, dirigida a algún otro miembro de la familia. Señalar es una actividad que puede indicar atención conjunta, llamado de atención, identificación, sorpresa o interés. Para distinguir entre las categorías - señalar y contar - recurrimos a las conversaciones registradas en el video. No incluimos en la categoría de señalar el conteo acompañado de señalización. Cabe esperar que al tratarse de la *Salita de espejos* esta conducta ocurra con frecuencia durante la interacción de las familias y que en ambas situaciones padres y niños señalen aquellas imágenes reflejadas que les llamen la atención. Los individuos de ambas situaciones señalaron al identificar un suceso interesante, y llamaron la atención de los restantes miembros de la familia. Esta acción fue realizada por padres e hijos indistintamente. Aun así, el análisis Mann Whitney muestra una diferencia

significativa entre ambos grupos ($U(10) = 22.50, p < .05$). Las familias del grupo experimental señalaron con una frecuencia media de 7.0 veces, siendo la media del grupo control de 2,3. En algunos casos los individuos señalaron consecutivamente dos opciones, registrándose una vez cada opción. Señalar dos opciones alternativas parece indicar un acto de comparar. Si bien la comparación no es una conducta observable, intentaremos inferir esta conducta en un análisis descriptivo de los patrones de actuación en el apartado siguiente.

La conducta de contar fue definida por la enunciación de los numerales en voz alta, o en voz baja señalando lo que es contado. Al equivocarse el individuo en la cuenta y comenzar de nuevo, se registró una ocurrencia. En caso de que el adulto corrigiera la cuenta del niño, consideramos que la conducta fue repetida. Se consideraron dos ocurrencias la cuenta de dos sujetos u objetos diferentes (un padre cuenta primero a un niño y después al otro). El análisis Mann Whitney de las dos situaciones muestra una diferencia significativa en el conteo ($U(10) = 20.00, p < .05$). Esta diferencia estadística en el acto de contar se corrobora con los resultados de los datos textuales que adjudican el conteo a los niños del grupo experimental. Podemos afirmar entonces que son los niños los que cuentan. Particularmente la media de esta conducta es de 1.9 y la desviación estándar 1.59 por lo que corroboramos que los niños de este grupo cuentan en más de una oportunidad.

Los cuerpos geométricos fueron incluidos solamente en la situación experimental por lo que no es posible comparar el uso de objetos en ambas situaciones. Aún así, consideramos los rangos medios del uso de objetos (*Tabla 6.6*) para relacionarlas con otros resultados de la situación experimental.

	ATENCIÓN CONJUNTA	SEÑALAR	CONTAR
Situación experimental (rango medio)	14.20	13.25	13.50
Situación de control (rango medio)	6.80	7.75	7.50
U	13.00	22.50	20.00
Sig.	.004	.035	.012

Tabla 6.6: Categorías de conducta que resultaron significativas por situación experimental.

Identificamos dos tipos de conductas en el uso de los objetos 1) Sentarse o pararse sobre los cuerpos geométricos, considerándose una ocurrencia cada vez que algún individuo se sienta o se para en una esquina; 2) Cambiar de lugar objetos, tomando los cuerpos geométricos con las manos y cambiándolos de posición en una misma esquina, pasándolos de una esquina a otra, colocándolos en el centro del cuarto, o empujándolos con el pie. Los cuerpos geométricos fueron usados mayormente por niños y adultos para sentarse o pararse sobre ellos (media 4.8 por familia). Al sentarse, los individuos miraban hacia el cuarto en su totalidad o hacia las esquinas; al pararse generalmente miraban hacia las esquinas. Por otro lado, no todas las familias cambiaron los objetos de lugar. Aquellos que manifestaron esta conducta lo hicieron con frecuencia.

Incluimos en la tabla 6.7 los datos de las conductas que no resultaron estadísticamente significativas entre los grupos.

	RECORRIDA RÁPIDA	BAILA
Situación experimental (rango medio)	8.50	10.80
Situación de control (rango medio)	12.50	10.20
U	30.00	47.00
Sig.	N. S.	N. S.

Tabla 6.7: Categorías de conducta que no resultaron significativas por situación experimental.

La recorrida rápida del cuarto, tocando o no los espejos es frecuente al ingresar al cuarto, pero ocurre también durante la interacción. Consideramos una ocurrencia el pasaje de por lo menos dos lados del cuarto. El análisis Mann Whitney no registró diferencias significativas entre los grupos. En ambos grupos la recorrida rápida registrada en los videos, fue realizada mayormente por los niños, lo que parecería indicar que al tocar los espejos o hacer una recorrida rápida, los niños intentan establecer los límites del cuarto.

Asimismo se analizaron las diferencias del uso del cuerpo en las dos situaciones. Definimos la categoría de usar el cuerpo, como bailar, saltar, acercarse y/o alejarse de una misma esquina. Se consideró una ocurrencia cada serie de

movimientos separados por una pausa de 10 segundos o por el pasaje a otra zona del cuarto. El análisis Man Whitney no mostró diferencias significativas entre ambos grupos. Las familias en ambas situaciones usaron el cuerpo de manera similar. Al igual que la recorrida rápida, fueron los niños los que mayormente manifestaron estas conductas.

Registro de patrones de actuación - Una secuencia de significado es considerada como una unidad básica de recogida de datos para su posterior análisis e interpretación (Coll y Rochera, 2000). Como ya hemos mencionado utilizamos en nuestro trabajo esta definición para definir a las secuencias interactivas. A partir de las transcripciones de los videos, se identificaron patrones de actuación. Se configuraron patrones de actuación a partir de las conductas mencionadas en la bibliografía de la investigación en museos, particularmente: **INVITAR A VER**, **CONTAR**, **COMPARAR** y **EXPLICAR**. Se evaluó la articulación y evolución de dichas actuaciones en ambas situaciones. Definimos anteriormente los patrones de actuación como los comportamientos típicos que exhiben los participantes en un determinado segmento de interactividad en función del rol o roles que asumen en él, de los condicionamientos que impone la estructura de participación social y de la tarea en cuestión (Coll y Rochera, 2000). Los patrones de actuación que definimos en nuestro estudio se configuraron a partir de la interpretación de los datos obtenidos de las conversaciones y las interacciones. Definimos a continuación cada patrón de actuación relacionándolo con los datos aportados por las investigaciones en museos. Presentamos en esta sección ejemplos de cada patrón de actuación de las dos situaciones, la persona que lo manifiesta (sean los padres, los niños o ambos), los contenidos de estas actuaciones y su desarrollo posterior.

INVITAR A VER: Al definir este patrón de actuación nos basamos en la definición del Habla Perceptiva: (Allen, 2002) El Habla Perceptiva es una de las cinco categorías de conversaciones de aprendizaje en museos (*learning talk*). Esta categoría incluye toda interjección en la cual los visitantes indican algo que les llama la atención. Estas frases son evidencia del acto de identificar y compartir algo significativo con los otros miembros de la familia a partir de un entorno complejo. El Habla Perceptiva incluye frases en las que los individuos identifican, (**mira esto**)

nombran (**esto es un espejo**), o mencionan una característica (**¡qué grande que es!**). Insistimos en prestar particular atención a este patrón de actuación ya que al tratarse de la *Salita de espejos* el "hacer ver a otro" cobra particular importancia - ver y hacer ver son las actividades principales del módulo.

¿Qué invitan a ver? – Niños y adultos invitan a los otros miembros de la familia a mirar en distintas direcciones:

N **Ven mira, hacia arriba.**

M **Míralo a Papá, en el techo. ¿Lo ves dado vuelta? Como si estuviera colgado. Uyy, nosotros también.**

M **En cualquier lugar que estés parado se ve la espalda. Tu propia espalda. Mira, ¿ves tu espalda?**

Niños y adultos indican los efectos que observan en los espejos

N **Papá, ¡todo aquí es rojo!** (el niño viste una camisa roja)

N (*Palmea sobre el prisma rosado*) **Mamá, hay aquí muchas personas que tocan el tambor, todas iguales.**

P **Mira cómo bailan las niñas.** (*Refiriéndose a la niña y sus imágenes*).

Los padres llaman la atención de los niños sobre los efectos en los espejos indicando que lo que se ve es distinto del objeto reflejado.

M **Fíjense qué superficie pequeña y qué grande que parece.**

P **Mira, si te paras frente a esto (*frente a un espejo*), verás un reflejo tuyo. Si vas a la esquina, te verás más veces. Ven súbete aquí, (*Señala el cubo*) parece que no terminara nunca.**

M **Mira que bueno, hay ahí un triángulo, ¿verdad? Y en el espejo, ¿cómo se lo ve?** (*señala el prisma en la esquina de 30 grados, dibujando con el dedo un círculo en el aire*).

¿Qué pasa después?- En respuesta a este llamado de atención, los otros miembros de la familia comparten el interés y cuestionan las fuentes del conocimiento o el descubrimiento.

N **Ahora hago un hexágono.**

M **Muy lindo. ¿De dónde lo conoces?**

N **No lo conozco, solo estaba jugando.**

El llamado de atención es en ocasiones una invitación a hacer algo o a responder a alguna pregunta:

P **Yo hago un rectángulo.** (*Adosa la mano al espejo con el pulgar separado del resto de los dedos*). **Vengan, vengan, que alguien haga una estrella. Veamos, aquí está la estrella** (*Toca el espejo con la punta del índice y el dedo mayor, en la esquina de 90 grados*).

En ocasiones los padres utilizan los efectos mencionados por los niños para describir el fenómeno de la multiplicación de imágenes.

N (*Regresa a la esquina de 60 grados*) **Hey, Papá, aquí hay un triángulo.**

P. **Ahora vemos seis triángulos.** (*Empuja levemente a XXX hacia atrás*). **XXXX se da la mano. Seis veces, Seis XXXX, seis XXXX se dan la mano.**

CONTAR es definido como la enumeración de algo o la comprobación del número de cosas que forman un conjunto. La cuantificación de las unidades y la medición de las magnitudes, permite hacer comparaciones entre variables.

¿**Qué cuentan?**- Los niños cuentan las imágenes de sí mismos en el cuarto:

P **Oyy. ¿Cuántos niños hay aquí!** (*toca los espejos mientras recorre el cuarto*).

N1 **Se pueden contar las XXXX. Una, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez, once, doce** (*señala las figuras en el techo y las cuenta*).

N2 (*Salta en el lugar con cada número, señala el techo*).

Cuentan asimismo la cantidad de espejos que producen el efecto en el cuarto.

P ¿**Cómo ocurre esto?**

N **Un espejo dentro de otro espejo, dentro de otro espejo.**

P **No, en total no hay muchos espejos.**

Uno, dos tres, cuatro. Cuatro espejos, eso es todo.

Cinco, un espejo arriba, eso es todo.

N **Uno, dos tres, cuatro** (*pasa por las distintas esquinas contando en voz alta*).

Las imágenes reflejadas en las esquinas

P ¿**Cuántos hay allí?, Mira cuántos hay. Espera un momento.**

Cuando está en la esquina, ¿cuántos vemos?

Uno, dos, tres cuatro, cinco, seis.

¿**Quién cuenta?** - Los niños cuentan a raíz del pedido de los padres

P **Veamos qué hay aquí. ¿Por qué vemos así?**

¿**Cuántas, cuántas veces (me ves) a mí?** (*Mira hacia arriba*).

N **Uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez, once, doce, trece, catorce, quince, dieciséis, diecisiete, dieciocho, diecinueve, veinte. Yo sé contar hasta veinte.**

Los niños cuentan espontáneamente

N **Uno, dos, tres.**

N2 **Ven, ahora es mi turno.**

M **Tres XXX, cuatro. Uno, dos, tres, cuatro** (*cuenta y señala*).

Mira arriba, ¿Cuántos XXX hay?

N **Hay dos.**

N2 **Dos, dos, dos, dos** (*cuenta su imagen y la de su hermano, por pares, en el ángulo de 90 grados*).

Los niños empiezan a contar y cuando se confunden, los padres acuden en su ayuda:

M **Y el tuyo, ¿cómo se lo ve? Una estrella.**

N (*Se levanta del lugar y mira la figura*) **Uno, dos, tres, cuatro, cinco.**

Una flor, una flor.

M **¿Y el mío?** (*se levanta y mira la figura*).

N (*Pasa a la esquina de 90 grados y cuenta señalando*) **Uno, dos, tres, cuatro.**

(*Pasa a la esquina de 30 grados*)

Dos, cuatro, seis. Hay aquí mil XXX.

M (*Pasa a la esquina de 30 grados*).

Y también mil XXXX. Así, así, te puedo contar desde atrás.

Uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez, once, doce.

Vamos a ver a XXX, Uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez, once, doce.

¿Qué pasa después?- Los padres en ocasiones corrigen el recuento que hacen los niños.

P **Aquí de un triángulo, ¿cuántos triángulos salieron?**

N2 **Uno, dos, tres, cuatro, cinco.**

N1 **Cinco.**

P **¿Cinco? Cuenten bien.**

N2 **Seis.**

N1 **Seis.**

El recuento permite la comparación entre las esquinas. Esta comparación es adoptada por los niños y usada con otro miembro de la familia que se incorpora al módulo posteriormente.

N1 (*Le muestra su juguete a la Mamá*)

M **Dime cuántos hiciste. Yo veo aquí varios. ¿Cuántos juguetes hiciste?**

P **Le permitieron a cada uno hacer uno. Y hay aquí dos.**

N2 **Yo hice doce** (*acerca su juguete a la esquina de 30 grados*). **Hice doce.**

El recuento permite establecer la comparación y formular la pregunta que conduce a la explicación:

- P **Cuidado, cuidado. Un segundo, todavía no habéis respondido a mi pregunta. Del cuadrado, de un cuadrado, salieron cuatro cuadrados, ¿no es cierto?**
- N2 **Sí.**
- P **De un triángulo, ¿cuántos triángulos? Cuenta de nuevo. Colócalo (al prisma en la esquina).**
- N2 *(Cuenta en voz baja)*
- P **¿Y en esta esquina, cuántos?**
- N2 *(Cuenta en la esquina de 30 grados)*
- Uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez, once, doce.**
- P **Y entonces, ¿cómo puede ser?**
- N1 **Porque en el espejo...**
- P **Pero ¿cómo es que aquí hay cuatro y aquí doce?**
- N2 **Porque éste es un triángulo más pequeño (señala la esquina de 30 grados) y éste es un triángulo más grande (señala la esquina de 90 grados).**
- P **Correcto, tiene un ángulo más agudo (Forma un ángulo pequeño con sus palmas).**

COMPARAR es fijar la atención en dos o más objetos para descubrir sus diferencias o semejanzas. El patrón de conducta de **COMPARAR**, es mencionado en el modelo de Barriault (1999) como una de las conductas de participación prolongada.

¿Qué se compara?- Las imágenes producidas en los espejos del propio cuerpo, provocando diálogos sobre el cuarto de espejos y sus efectos.

- M **Fíjense qué superficie pequeña y qué grande que parece. Si estuviera pintado todo de un solo color, no habiéramos entrado aquí.**

Se comentan los efectos producidos en las esquinas de los espejos.

- N **Tú, tú. (Señala alternativamente dos imágenes del padre).**
- P **Yo soy él, yo no soy yo. (Señala alternativamente a sí mismo y a sus imágenes en el espejo). ¿Tú eres éste? (Señala una imagen del niño)**
- P **¿Ves aquí hay una estrella? (Mueve el prisma y lo coloca en su lugar en la esquina) Ahora hay una pizza.**

Se compara asimismo el número de imágenes en las esquinas con los objetos

- P **Mira, si te paras frente a esto (frente a un espejo), verás un reflejo tuyo. Si vas a la esquina, te verás más veces.**

¿Quién compara?- En general los padres toman la iniciativa y conducen la interacción.

- P **Parece que ella, ¿tú eres tú o ella? (Señala imágenes de la hija en el espejo) Levanta una mano, exacto. Levanten una mano, exacto, una de Uds., y la que pierde se viene conmigo.**

- XXX, veamos si tú me puedes decir. ¿Ella es ella o aquella?** (*Señala dos imágenes de su hija*).
- N (*Se levanta y señala a su hermana*) **Ella.**
- P **¿Quién?**
- N (*Trata de acercarse*) **Ella.**
- P **No, quédate cerca mío** (*lo toma de la mano y lo acerca a sí*). **¿Quién es la verdadera, ella o ella?**
- N **Aquella.**
- P **Allí. ¿La de la derecha o la de la izquierda?**
- N **La del medio** (*se acerca y toca a su hermana*). **Ésta.**
- P **Y yo que pensaba que era la otra.**

¿Qué pasa después?- En algunos casos la comparación se reduce a marcar las diferencias

- P **Veamos.** (*Toma el prisma anaranjado*) **Si lo acercamos a la esquina ¿qué forma saldrá?** (*Coloca el prisma en su lugar*).
- P **¿Qué? No escucho.**
- N (*Inaudible*)
- P **¿Qué forma salió? He..Hexa...Hexágono.**
- P **¿Y si lo pasamos aquí?** (*Lleva el prisma anaranjado a la esquina de 90 grados, adosa una cara al espejo*).
- P **¿Y cómo se llama esta figura? Rombo.**
- P **Aquí hay un rombo.**

En otros la comparación basada en el recuento se desarrolla en una explicación.

- P **¿Por qué aquí ves seis y aquí cuatro?**
- N **Porque aquí el ángulo es más pequeño** (*señala la esquina de 60 grados*).
- P **Porque aquí el ángulo es más pequeño.**
- N **Y aquí es más grande** (*señala la esquina de 90 grados*) **Cuatro X 90 Es un entero**
- N **Y ésta** (*señala la esquina de 60 grados*).
- P **Se divide por seis. 360.** (*señala la esquina de 60 grados*)
- P **Y ésta, aquí hay 60 grados, 60 por seis, 360. Siempre 360 dividido el ángulo, te dará el número de imágenes.**

EXPLICAR es un patrón de actuación definido como dar a conocer la causa o motivo de algún fenómeno o acción. En las investigaciones de museos se consideran cuatro tipos de explicaciones (Crowley *et al.*, 2001; Crowley y Galco, 2001; Eberbach y Crowley, 2005): 1) analógicas, 2) basadas en principios, 3) causales y 4) explicaciones de procesos (ver revisión en el capítulo 2).

¿Qué se explica?- Las explicaciones en la *Salita de espejos* se basan en algunos casos en principios generales

- P **Y ésta, aquí hay 60 grados, 60 por seis, 360. Siempre 360 dividido el ángulo, te dará el número de imágenes.**

En otros se relacionan con los propósitos del museo

N **Se puede poner de otra manera. Pusieron a cada uno en el lugar porque es justo la figura que corresponde.**

Las explicaciones mencionan ángulos, formas, número de imágenes. En varios casos las explicaciones se ven apoyadas por movimientos de las manos de los padres o niños (un padre que junta las yemas de los dedos de las dos manos para indicar un ángulo que se abre y se cierra).

¿Quién explica?- Las explicaciones son en general introducidas por los padres por medio de preguntas.

P **¿Cómo ocurre esto?**

P **¿No les interesa saber.. ¿No te interesa saber por qué sucede?**

P **¿Saben Uds. porqué vemos tantas imágenes?**

P **Pero ¿cómo es que aquí hay cuatro y aquí doce?**

Frente a preguntas como éstas los niños enuncian algunas explicaciones que los padres corrigen o amplían.

P **¿Saben uds. porqué vemos tantas imágenes?**

N1 **¿Por qué?**

N2 **Porque este espejo y este espejo y este otro, los dos** (*explicación de la niña de 11 años, cruza y descruza los brazos*).

P **Correcto. Este espejo ve a este otro, y éste ve lo que hay en este espejo, y se ven los dos, y así hay muchas imágenes, aparentemente muchas imágenes.**

El rol de dar explicaciones no se limita a lo presentado en los módulos: en el siguiente ejemplo el padre insiste de diferentes maneras para que su hijo explique el mecanismo del juguete con el que el niño juega. Este intercambio manifiesta la intención del padre de que su hijo explique el fenómeno estableciendo reglas más generales, si bien no logra su propósito ya que el niño no logra ofrecer la explicación del mecanismo.

P **¿Cómo salta?** (*el acróbata del juguete*).

N **Así, mira** (*lo hace saltar*)

P **Sí, veo pero, pero...**

N **Tu aprietas aquí..**

P **¿Quién la hizo?**

N **Yo.**

P **Sí, pero ¿por qué salta cuando aprietas? No lo entiendo.**

- N **Cierto, por...** (*frase incompleta*)
 P **¿Qué pasa?**
 N **Mira**
 P **Eso lo veo, que salta. ¿Pero, por qué salta?**
 N **¿Por qué? Hay aquí una cola (?) entonces...**

Los niños asimismo ofrecen explicaciones de los fenómenos. Dichas explicaciones son espontáneas o son la respuesta a la insistencia de los padres.

- N **¿Sabes tú por qué, hay muchos XXX y muchos XXXX, y muchos Papás? Porque cuando miramos en los espejos, hay allí muchos.**

Es importante señalar que en la situación experimental y en la situación de control, los padres explican los fenómenos experimentados. Estas explicaciones son en ambas situaciones frases cortas. En la situación con objetos se explica la relación entre el ángulo entre los espejos y el número de imágenes. En la situación sin cuerpos geométricos se describe la multiplicación de imágenes en general, aludiendo a un espejo frente a otro, sin hacer mención explícita a esquinas o ángulos.

6.3.2.4 Análisis de familias en detalle

El análisis cronológico de la interacción de una familia, uniendo los datos textuales y las categorías de conducta, nos permite articular la información recibida a través de los otros análisis. Para realizar el análisis de un caso en profundidad elegimos una de las familias prototípicas seleccionadas por el programa SPADT, estableciendo secuencias de significado, categorías de actuación (Coll y Rochera, 2000), el tiempo y los mensajes explicitados. La familia está compuesta por un padre y dos niños (3 y 5 años respectivamente). La madre participa en algunas ocasiones como observadora desde afuera. El tiempo total de interacción de la familia en el módulo es de 07.45 minutos. Al entrar a la *Salita de espejos*, el cubo azul se halla en la esquina de 60 grados, el prisma anaranjado en la esquina de 90 grados, y el prisma rosado en la esquina de 45 grados.

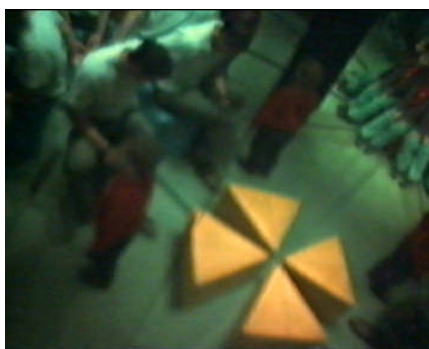
El padre y los dos niños tratan de ubicarse, mencionan que entraron a la *Salita de espejos*, y comparten la emoción de verse reflejados. El padre señala que están siendo filmados y observa hacia el techo para ubicar la cámara.

Niño (3)	Niño (5)	Padre
(Al ingresar, se sienta en el prisma rosado)	(Se acerca al prisma anaranjado y se sienta sobre la arista superior) 1. Hay aquí espejos.	(Se sienta sobre el cubo azul). 2. Hay aquí espejos. (Mira hacia arriba) y también cámaras.
3. ¿Dónde?		4. Nos están filmando. No podemos aprender. (incomprensible)

Para familiarizarse con los efectos producidos por los espejos, los niños se sientan en los objetos y se balancean sobre ellos; el padre invita a ver las imágenes en las esquinas. Cuando un niño empuja al otro, el padre controla la situación.

Niño (3)	Niño (5)	Padre
	(Se balancea sobre el prisma anaranjado)	5. Mira cuántos XXXX hay en esa esquina. (Señala las imágenes del niño en la esquina de 30 grados).
	6. Mira. Hay uno entero. Allí hay XXXX, y también allí.	7. Hay allí más XXXX.
	8. Y también allí y también allí. (Señala una dirección diferente cada vez). (a su madre que está fuera del cuarto) Aquí hay espejos.	
10. Hay aquí muchos XXXX (Señala una imagen suya en el espejo).		
14. Hay aquí muchos XXXX (señala su imagen en el espejo)	(Se junta con su hermano en la esquina de 30 grados)	15. Pero ¿Cómo hay aquí muchos XXXX?
	16. Yo también quiero entrar. (empuja a su hermano)	17. Cuidado, cuidado.

El niño pequeño sale de la esquina de 30 grados empujado por su hermano. El padre le ofrece el prisma anaranjado para que se siente. Al ofrecérselo, se observa que el padre mira alternativamente los cuerpos geométricos, cayendo en la cuenta que son diferentes y que pueden ser adosados cada uno a su esquina correspondiente.



En consecuencia propone a sus hijos el juego de colocar las figuras en su lugar. El niño pequeño intenta explicar el fenómeno, pero el padre no lo escucha.

Niño (3)	Padre
<p>(Sale de la esquina de 30 grados y va hacia su padre).</p> <p>18. ¿Sabes tú por qué, hay muchos XXXX y muchos XXXX, y muchos Papás? Porque cuando miramos en los espejos, hay allí muchos.</p>	<p>(Mueve el prisma anaranjado, mira el cubo azul, mira hacia la esquina de 30 grados).</p> <p>19. Pero tengo una pregunta. Traigan todos los asientos aquí. Pongan todos los asientos aquí en el centro. (Toma el cubo azul, coloca el cubo y el prisma anaranjado en el centro del cuarto). XXXX trae tu asiento. Traigan los asientos al medio. Ahora quiero verlos, un momento (trae el prisma rosado al centro) colocar cada asiento en su esquina.</p>

Al mover los cuerpos geométricos se producen efectos en los espejos que originan analogías.

Niño (3)	Padre
<p>47. ¡Una flor! (entra en el espacio que queda entre el prisma y la esquina de espejos)</p>	<p>48. Hay XXXX dentro de la flor.</p>

A continuación el padre y el niño llaman a la madre a ver al niño sentado en la esquina de 60 grados y rodeado de las imágenes del prisma, lo que ellos llaman "flor". Luego el padre insiste en la comparación y la explicación del fenómeno comparando el número de imágenes en cada una de las esquinas. El padre no se apresura a dar una explicación por sí mismo sino que invita a sus niños a enunciarla.

Niño (3)	Niño (5)	Padre
		68. Cuidado, cuidado. Un segundo, todavía no habéis respondido a mi pregunta. (señala la esquina de 90 grados) Del cuadrado, de un cuadrado, salieron cuatro cuadrados, ¿no es cierto?
	69. Sí.	70. (señala la esquina de 60 grados) De un triángulo, ¿cuántos triángulos? Cuenta de nuevo. Colócalo (al prisma en la esquina)
(Cuenta en voz baja)		71. (Señala la esquina de 30 grados) ¿Y en esta esquina, cuantos?
	(Cuenta en la esquina de 30 grados) 72. Uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis, siete, ocho, nueve, diez, once, doce.	73. Y entonces, ¿cómo puede ser?
	74. Porque en el espejo...	75. Pero ¿cómo es que aquí hay cuatro y aquí doce? (señala alternativamente las dos esquinas)
	76. Porque éste es un triángulos más pequeño (señala la esquina de 30 grados) y éste es un triangulo más grande (señala la esquina de 90 grados)	77. Correcto, tiene un ángulo más agudo. (Hace con sus palmas un ángulo pequeño) (Mueve el cubo y lo apoya en una arista). Bueno, miren y se pueden armar muchas figuras muy lindas, como ésta.

Finalmente la explicación ofrecida es concisa, sustentada en la acción de colocar las figuras en las esquinas y en el conteo realizado por los niños. El padre acompaña la explicación con el gesto de adosar las palmas, ampliando o reduciendo el ángulo formado.



Una vez explicitado el mensaje del módulo, los niños y el padre inventan nuevos juegos con los objetos y con el cuerpo.

Niño (3)	Niño (5)	Padre
80. Se puede hacer un volcán (adosa el prisma anaranjado).		81. Ahora les voy a hacer una prueba. Una prueba muy difícil.
	82. ¿Qué?	83. Miren allí. Les hago una prueba difícil. Párense aquí, miren, una prueba difícil. Párense allí, miren hacia delante, párate aquí junto a él, miren hacia delante. (Coloca a los niños, uno junto al otro, frente al espejo). Y ahora, a ver si pueden caminar hacia atrás, caminen hacia atrás hasta tocarme, pero sin mirar hacia atrás. Miren hacia delante, miren hacia delante. (Los niños caminan hacia atrás, y el padre da también unos pasos hacia atrás hasta que se encuentran).
	84. Te vimos en el espejo.	85. Pero ¿Cómo sabíais cuál era yo, el verdadero?

Intentamos finalmente articular los patrones de actuación registrados en esta interacción: En un primer instante los visitantes se ubican y registran las propiedades del módulo, actuando e invitándose mutuamente a ver los efectos en los espejos. El padre logra identificar las variables del módulo focalizándose en las propiedades de los objetos. A continuación invita a los niños a contar, comparar y explicar el fenómeno, para posteriormente provocar nuevos interrogantes relacionados con el espejo (**¿Cómo sabíais cuál era el yo verdadero?**).

Comparamos estos datos con los de una familia en la situación de control: un padre con una hija de 11 años, y dos niños de 5 y 7 años, respectivamente. El tiempo total de interacción es de 02:38 minutos. Al entrar, la niña recorre el cuarto, tocando los espejos, como tratando de establecer los límites del cuarto. El niño de 5 años, seguido del padre y del niño de 7, se incorpora y se inicia una discusión acerca del efecto observado y la estructura del cuarto.

Niña (11)	Niño (5)	Padre	Niño (7)
(Recorre el cuarto tocando los espejos) 1. Parece... (frase incompleta)	2. ¿Es un laberinto de espejos?		
3. No, es en triángulo de espejos, pero parece como... (frase incompleta)			(Desde afuera) 4. ¿Papá, puedo entrar?
		5. Seguro.	
6. Continúa hasta.. (Indica con la mano un lugar lejano)			7. Honolulu.
8. Fíjate allí, allí. (Al niño de 5 años) Fíjate cuántas veces se nos ve.			9. ¿Esos somos nosotros?

Los niños establecen varios juegos simbólicos (levantar las espadas en alto, bailar con varias niñas con la misma blusa, pasando de una esquina a otra). El padre observa alternativamente a sus hijos, sin adoptar un rol activo. El niño de 7 años no encuentra interés y sale del cuarto.

Niña (11)	Niño (5)	Padre	Niño (7)
	10. (Pasa a la esquina de 30 grados. Todas las espadas en alto. (Levanta el brazo, como levantando una espada) ¡¡Todas las espadas en alto!!		
(pasa a la esquina de 30 grados)			(Pasa a la esquina de 30 grados)
11. Yo estoy cargo de... (frase incomprensible). Doy y...tres (todos juntos levantan los brazos) Todos juntos, dos y...tres (todos juntos levantan el brazo).			12. Venga, Hasta luego. (sale,1)
13. (Pasa a la esquina de 90 grados) Dos y...tres (levanta un brazo extendido)	14. (Se dirige hacia su imagen en el espejo). Ahora yo solo. (pasa a la esquina de 30 grados), No, esto es un trabajo de equipo. ¡¡Atención!! (hace movimientos de lucha)		
15. (Se para en la esquina de 60 grados) (A su padre) Mira a todas las niñas que tienen una blusa como la mía. (Baila frente al espejo)	16. Papá, papá.		

El niño pequeño le sugiere al padre una situación imaginaria y el padre se incorpora al juego de la imaginación, mencionando el alto número de imágenes reflejadas.

Niño (5)	Padre
18. Papá, Papá imagínate que tú estás allí en el medio y todos te dan puñetazos. (Hace movimientos de boxeo frente a los espejos.	19. Ay, ay, ay, Imagínate tú que te hago cosquillas. (Le hace cosquillas en el cuerpo). Todos los XXXX, aquí juntos. Habéis visto cuantos XXXX. Fíjate cuantos XXXX, ¿qué me dices? Y todos los XXXX.

Cuando el niño pequeño propone hacerle cosquillas al padre, éste plantea la pregunta de cómo se produce el efecto de la multiplicación en el cuarto.

Niña (11)	Niño (5)	Padre
20. Un, dos tres (levantan los brazos). Un, dos, tres (levantan los brazos).	21. Atacar a Papá.	22. ¿Saben uds. porqué vemos tantas imágenes?
24. Porque este espejo y este espejo y este otro, los dos.. (cruza y descruza los brazos)		25. Correcto. Este espejo ve a este otro, y éste ve lo que hay en este espejo, y se ven los dos, y así hay muchas imágenes, aparentemente muchas imágenes.
		27. Si vamos. (sale, 2)
(sale, 3)	28. Miren hacia arriba, todo el mundo está lleno. (sale.4)	

Esta familia manifiesta tres conductas diferenciadas: ubicación, juego simbólico y por último, explicación. En la etapa de ubicación los diferentes miembros de la familia, ubican los límites del cuarto y nombran sus efectos, posteriormente juegan con los efectos de las esquinas, sin explicitarlos. Finalmente, la explicación del efecto de la multiplicación se relaciona con la multiplicación de imágenes sin hacer relación a los efectos específicos de las esquinas. La explicación del fenómeno cierra la interacción.

Agregamos algunas consideraciones generales a raíz de las interacciones observadas. Las familias que visitan el museo están integradas en general por más de un niño, cada uno de ellos con sus intereses y capacidades. En la interacción en la

Salita de espejos vemos el intento del padre, que por un lado se atiene a lo que el módulo ofrece, y por el otro está atento a sus niños. En ocasiones esto lo conduce a ignorar a uno, trabajando con un niño por turno. En otras, invita a un niño a ver lo que hace el otro o lo incentiva a actuar de una determinada manera, relacionada con lo que el módulo ofrece.

Una segunda observación se relaciona con el uso del cuerpo y el uso de los objetos. En la situación experimental, el uso del cuerpo se ve apoyado por la manipulación de los objetos: primero observan la multiplicación de las propias imágenes y posteriormente juegan con los objetos y finalmente vuelven a utilizar el cuerpo. El cuerpo no se anula, la presencia de estos objetos enriquece las posibilidades de acción y manipulación.

6.4 DISCUSIÓN

En la *Salita de espejos* identificamos las características de los módulos interactivos que apoyan la exploración de los contenidos que el módulo ofrece. Realizamos inicialmente, un análisis funcional que relaciona los mensajes del museo, las propuestas iniciales básicas, la propuesta interactiva, la estructura y despliegue de la información explícita, implícita y conceptual. Este análisis nos permitió localizar aquellos elementos que representan contenidos implícitos en la *Salita de los espejos* y elegir las representaciones externas que fijaran la atención hacia un mensaje en particular: el número de imágenes en las esquinas conformadas por dos espejos. En la situación experimental incorporamos los cuerpos geométricos, que funcionan como representaciones externas de la multiplicación de las imágenes en las esquinas ya que se adosan a éstas formando imágenes completas. Al tener la *Salita de espejos* tres esquinas que reflejan un número diferente de imágenes, los cuerpos geométricos invitan a comparar un mismo fenómeno con tres valores diferentes y a inferir regularidades.

En nuestro estudio de campo (León y Montero, 2003) planteamos dos situaciones: en la situación experimental incluimos cuerpos geométricos en las

esquinas; en la situación control los cuerpos no fueron incluidos. Registramos las conversaciones y las conductas de familias en video. Los datos del estudio confirman que la incorporación de cuerpos geométricos en las esquinas de la *Salita de espejos* tuvo el efecto de aumentar el tiempo de interacción, dirigir la observación y la manipulación hacia los objetos y la consecuente explicitación de los mensajes del módulo. Las familias que manipularon los objetos focalizaron su atención en las esquinas y buscaron explicaciones acerca de la relación entre el ángulo de intersección y el número de imágenes reflejadas. Particularmente, los niños de la situación experimental contaron imágenes en las esquinas y padres y niños compararon el número de imágenes en cada una. En la situación experimental los visitantes lograron identificar los fenómenos y las variables del efecto, que pasaban desapercibidos en la situación control. Las representaciones externas fueron percibidas directamente, permitiendo el cómputo y estructurando las tareas.

El objetivo de este estudio era identificar las características de los módulos interactivos en un museo de ciencias que apoyen la interacción de padres y niños y la exploración de los contenidos que el módulo ofrece (la *Salita de espejos*). La hipótesis de este trabajo sostiene que la incorporación de cuerpos geométricos en las esquinas puede dirigir la observación y la manipulación hacia los objetos y la consecuente clarificación de los mensajes del módulo. Los datos del estudio permiten corroborar que las familias que interactuaron con los objetos focalizaron su atención en las esquinas y buscaron explicaciones acerca de la relación entre el ángulo de intersección y el número de imágenes reflejadas. Organizamos la discusión de los resultados en cuatro secciones señalando los argumentos que dieron origen a la elección de las representaciones externas que fueron agregadas a la situación experimental, a saber:

- 1) atraer la atención a las esquinas, promoviendo el descubrimiento y la inferencia viso-espacial, ofreciendo información para ser percibida directamente y apoyando el cómputo.
- 2) invitar a acciones relacionadas con la revisión del fenómeno, modificando metas y cambiando la naturaleza de la tarea.
- 3) provocar placer estético a través del juego con objetos, apoyar la redescipción, el establecimiento de relaciones entre variables, y la adaptación mutua con el módulo.

4) posibilitar la comparación de un mismo fenómeno con tres valores diferentes, apoyando la inferencia de dirección del cambio.

6.4.1 Representaciones externas que atraigan la atención a las esquinas

En ambas situaciones encontramos casos de atención conjunta - los miembros de la familia se ven reflejados y multiplicados, se mueven, juegan con el cuerpo y comparten su experiencia con otros participantes. Pero solo en la situación experimental la presencia de los cuerpos geométricos es a la vez foco de atención, acción y discusión relacionada con los efectos de las esquinas. Los objetos agregados debido a su forma, colorido y materialidad, se reflejan en los espejos y producen imágenes similares a un kaleidoscopio que apoyan la inferencia viso-espacial, proveen información percibida directamente y apoyan el cómputo.

Una de las críticas que los museos interactivos reciben frecuentemente, menciona que los niños manipulan los módulos sin observar los efectos de su propia actividad (ver capítulo 2 de la revisión bibliográfica). En la *Salita de espejos* vemos indicios de una recorrida rápida, realizada mayormente por los niños en ambas situaciones. Interpretamos que los niños necesitan tocar los espejos para establecer los límites del cuarto. Los niños actúan como "mareados" por la situación, algunos mencionan un laberinto, buscan la salida e intentan contrarrestar la perturbación de orientación percibida tocando los espejos. La presencia de los objetos en la situación experimental contrarresta este mareo e invita a concentrar la atención, a sentarse, y a observar las esquinas. Sentarse permite hacer una pausa, y abre la posibilidad de reflexionar, conversar y compartir la experiencia (Bradburne, 1999). En caso de que los otros miembros de la familia estén a su vez sentados en las esquinas, se pueden percibir grupos de personas reflejados. Tomándose en cuenta las interacciones verbales, llamar la atención e invitar a la acción son conductas frecuentes en los museos durante las interacciones familiares con módulos (Allen, 2002). Se menciona inclusive que los indicadores más básicos y frecuentes del aprendizaje familiar son identificar y describir (Borun, Chambers y Cleghorn, 1996). En estos primeros niveles los visitantes identifican particularmente las características superficiales de

los módulos. Un nivel más profundo de aprendizaje es logrado demostrando las categorías de interpretar y aplicar el conocimiento.

Nos interesa aclarar que la categoría de **INVITAR A VER** es, en nuestro caso, intrínseca a los mensajes del módulo y que la mención de los efectos de la multiplicación de las imágenes constituye parte de los contenidos a observar. Éste podría constituir un primer nivel de aprendizaje en el módulo que invitaría a ver lo cotidiano (el cuerpo y la espalda) desde una nueva perspectiva, pasando por lo real y las imágenes (*yo no soy yo*) para alcanzar un nivel más alto en el que los visitantes advertirían que lo que es y lo que aparece en los espejos no es lo mismo -"lo que es" se diferencia de "lo que parece". Esta distinción podría ayudar a fundamentar las bases del pensamiento científico que diferencia la esencia de la apariencia (Gross y Teubal, 2001) En la *Salita de espejos* habría entonces distintos niveles de atención, lo que abre la posibilidad de establecer jerarquías en los patrones de actuación relacionados con la atención en un museo.

6.4.2 Representaciones externas que invitan a la manipulación

Del análisis de los datos surge que las familias en ambas situaciones usaron el cuerpo de manera similar. Al igual que en la categoría de recorrida rápida, son los niños los que mayormente realizan estas actuaciones. Frente a la multiplicidad de imágenes y la confusión que esto produce, los niños parecen mover el cuerpo para producir movimientos, identificarse y diferenciarse de los otros miembros de la familia también reflejados. Se establece así una conexión entre sí mismos y las imágenes reflejadas de las cuales algunos niños parecen disfrutar, ya que la repiten varias veces. Las acciones que mayormente se realizan en el cuarto de los espejos se relacionan con el cuerpo. En ausencia de otros objetos, el cuerpo pasa a ser el objeto principal. Recordamos que cuatro de las siete características de los módulos que apoyan el aprendizaje familiar se relacionan con la manipulación y la interacción a niveles diferentes (Borun *et al.*, 1998). En nuestro caso, la utilización del cuerpo no fue garantía de la actividad sostenida de padres y niños en la *Salita de espejos*. La

introducción de los objetos produjo cambios significativos en el tiempo de interacción y en la variedad de manipulación y exploración de los fenómenos.

Es importante recordar aquí el dilema acerca del rol de los padres en los módulos interactivos. Los padres juegan un rol fundamental para ayudar a sus niños a aprender a partir de las experiencias en museos. En determinadas circunstancias, los padres perciben los mensajes del módulo y actúan en consecuencia, en otros los padres adoptan roles que entran en conflicto con el objetivo del módulo (Crowley y Callanan, 1998). Estos autores proponen que los módulos sean pensados recordando el papel del adulto en la interacción con el niño. Los padres que no encuentran un desafío en la *Salita de espejos* instan a sus hijos a salir, ya que las posibilidades de acción y reflexión del módulo se agotan o no les quedan particularmente claras. Los padres de la situación experimental es de una naturaleza diferente, y padres y niños utilizan diversos patrones de actuación en la interacción (**INVITAR A VER, CONTAR, COMPARAR y EXPLICAR**).

6.4.3 La adaptación mutua con el módulo: Apoyar la redescrición y el establecimiento de relaciones entre variables

Los cuerpos geométricos concentran la atención, y permiten una acción más relajada y atenta. Al ser colocadas en las esquinas cobran sentidos diferentes, invitan a probar y a experimentar cambiándolas de lugar, ya que los efectos que producen al modificar su posición son estéticos e interesantes. El grupo experimental no solo nota la presencia de los objetos sino que interactúa con ellos; la atención conjunta se traduce en verse reflejados y multiplicados, cambiar lo que se ve, y jugar con el cuerpo. Algunas familias cambian de lugar los cuerpos geométricos, colocándolos en su lugar si se hallan dispersos o investigando los efectos percibidos al mover los objetos en las distintas esquinas. Otras, cuentan las imágenes de sí mismos y de los objetos en los ángulos o describen los efectos a través de analogías. La presencia de los objetos abre una gama de oportunidades que enriquece la interacción. Los padres particularmente, identifican las variables en juego y proponen a los niños actividades que permiten manipular las variables y objetivar el fenómeno. Recordemos que si bien los niños cuentan las imágenes en las esquinas, al contar las imágenes reflejadas

de sí mismos, no siempre se cuentan a sí mismos. Surge la pregunta de si el cuerpo no es, quizás, un impedimento para objetivar el conocimiento. Los museos de ciencia toman como punto de partida en el desarrollo de sus módulos interactivos, las acciones de los visitantes y los estímulos que los módulos ofrecen a distintos sentidos. Este principio es considerado motivador y determinante para el aprendizaje significativo. Los individuos en la sala de espejos se reconocen, mueven su cuerpo y bailan pero estas conductas no conducen particularmente a la identificación de los mensajes del módulo. Los niños buscan verse muchas veces y disfrutan de la multiplicación. La representación externa del fenómeno en los cuerpos geométricos se agrega a la vivencia corporal y permite la objetivación: los niños cuentan las imágenes incluido el objeto que les da origen, completando el círculo. El objeto es una realidad separada del cuerpo que puede ser investigada y comparada con las vivencias del cuerpo.

6.4.4 La comparación de un mismo fenómeno con tres valores diferentes

Hemos definido anteriormente el acto de comparar como fijar la atención en dos o más objetos para descubrir sus diferencias o semejanzas. Comparar es una actividad mental, que puede ser inferida a partir de conductas observables tales como la

- Atención alternada (Señalar alternativamente, llamar la atención alternativamente).
- Repetición de acciones en una misma situación o en dos situaciones diferentes (mover los objetos)
- Mención en conversaciones (enunciar similitudes, diferencias, conceptos, funciones, relaciones, indicar opciones)

Vemos indicios de atención alternada en el pasaje de una esquina a la otra y en la conducta de señalar: Algunas familias prestan atención a una esquina, pasan a otra y vuelven a la primera. Otras pasan por las tres esquinas sucesivamente y realizan diferentes actividades en cada una de ellas (mueven el cuerpo, se paran en

los objetos, hacen una ronda, mueven los objetos, tocan los espejos). La atención alternada se revela asimismo en el acto de señalar dos opciones alternativas: los individuos de ambas situaciones identifican situaciones interesantes y llaman la atención de los restantes miembros de la familia, señalándolas. La definición de señalar intenta reflejar situaciones en las que se señalan dos opciones - en situaciones de señalización de dos objetos o situaciones, se cuentan las opciones en juego y el número de actos de señalar, aumenta. Señalar parece ser un indicio de comparar - El alto número de señalizaciones en la situación experimental nos permite inferir que la situación experimental da un mayor lugar a las comparaciones lo que es corroborado en el análisis cualitativo de la interacción de un familia en profundidad. El acto de comparar, registrado en las respuestas modales del análisis de los datos textuales es iniciado y dirigido por los padres. Recordemos que las comparaciones incluían a las imágenes de las personas (**¿quién es el verdadero?**), a las formas que se ven en los espejos y al número de imágenes diferentes en cada esquina. Las comparaciones parecen requerir un esfuerzo cognitivo mayor y revelar actitudes epistémicas. Por lo tanto, si los padres consideran que el efecto es interesante y se adapta al nivel de sus hijos, es lícito esperar que deseen compartirlo con ellos.

La actividad mental de comparar se ve reflejada en la repetición de acciones en una misma situación o en dos situaciones diferentes. El recuento frecuente en la situación experimental parece indicar una comparación ya que permite cuantificar la variable - el número de figuras reflejadas se relaciona con el valor del ángulo de los espejos. La comparación no se realiza exclusivamente a través del conteo sino también a través de la acción de cambiar de lugar los objetos en una misma esquina o colocando un objeto en dos esquinas sucesivamente. Señalamos también que no todas las familias que cuentan y comparan, posteriormente explican el fenómeno explicitando las relaciones. Aún así, contar y medir (comparar con una escala) son procedimientos a través de los cuales la ciencia detecta regularidades, aquello que cambia y lo que queda estable. La cuantificación posibilita la comparación de magnitudes. El lenguaje de las matemáticas conduce a establecer relaciones entre las variables constituyentes en la *Salita de espejos*. Para comparar entre valores hay que contar. Para estimular el recuento, la actividad de contar debe ser interesante o fructífera, justificando el esfuerzo requerido. En nuestro caso los visitantes

disfrutaron de contar las puntas de la estrella y los pétalos de la flor que se formaron en el espejo.

Las comparaciones son mencionadas en las conversaciones en el módulo. De los distintos resultados del estudio concluimos que existen evidencias verbales del acto de comparar, particularmente en la situación experimental. Los padres son los que insisten en plantear las comparaciones y en algunos casos las explican. En las investigaciones de museos encontramos pocas evidencias de comparaciones. Según la definición de (Abu-Shumays y Leinhardt, 2002) la comparación que las exposiciones provocan, se relaciona en general con objetos similares a los expuestos, mencionándose funciones, tiempos o lugares distintos. El Habla Relacional (Allen, 2002) es definida como todas las frases que explicitan conexiones entre lo que es ofrecido por la exhibición y otro tipo de conocimiento, ya sean experiencias, conceptos o relaciones entre los módulos del museo. Si bien esta definición de comparar y establecer relaciones se corresponde parcialmente con la definición de nuestro estudio, es importante señalar que el Habla Relacional se reduce a solamente un 5% de las interacciones verbales en una exposición (Allen, 2002). En nuestro caso la comparación no fue suscitada por el hecho de que el cuarto esté conformado por ángulos diferentes. Sin embargo, la manipulación de los objetos permitió establecer y elaborar los frutos de esta comparación. Asimismo, los visitantes fueron invitados a formular hipótesis al comparar dos esquinas, teniendo la posibilidad de corroborar dicha hipótesis en la esquina siguiente. De esta manera los cuerpos geométricos funcionan como *affordances* cognitivas y perceptivas que sustentan las actitudes epistémicas.

Insistimos en la comparación ya que en las investigaciones de enseñanza de las ciencias, la evaluación de evidencias y la comparación de variables son competencias indispensables y objetivos explícitos de la enseñanza formal (Kuhn, Ansel y Oloughlin, 1988). La comparación y particularmente la analogía es asimismo parte del quehacer científico (Dunbar, 2001), y sustenta el cambio conceptual (Clement, 2008). La comparación a la que aquí apuntamos está incluida en el módulo interactivo y es una de las propuestas de manipulación ofrecidas al público.

Identificar las situaciones en las cuales la comparación es fructífera, y satisfactoria, permite configurar *affordance* cognitivos que apoyen conductas y actitudes epistémicas en del módulo. Esta comparación permite manipular variables, focalizar la atención en entidades, atributos, relaciones o eventos cargados de significado que de otra manera serían ignorados. La comparación permitió en nuestro caso, aflorar preguntas que allanaron el camino hacia la explicación de principios implícitos en el módulo, que implican una generalización de los fenómenos presentados.

6.4.4.1 Las comparaciones como *affordances* cognitivos

Mencionábamos en el capítulo 3 que el aprendizaje de nuevos conocimientos científicos implica un cambio conceptual, considerado a veces como una redescipción representacional. Analizamos ahora las oportunidades de redescipción representacional dentro de la *Salita de espejos*. Eco (2000) menciona que los espejos planos no son signos ya que entre otras características, no exigen interpretación de lo observado. Sin embargo, al hablar de los espejos deformantes, Eco menciona que:

Existen reglas interpretativas (si no en el nivel perceptivo, al menos en el del juicio intelectual) para <<descodificar>> ilusiones ópticas. Ante el espejo deformante pongo en juego algunas reglas de proyección, por las cuales a tal longitud o amplitud de la imagen virtual debe corresponder tal longitud o amplitud en el objeto reflejado. Procedo como si debiera interpretar un tipo de proyección en función de otra....Se da como un principio de un proceso de universalización, un olvidar el referente para fantasear sobre el contenido... hay un saber más, sobre lo que soy o podría ser, una aurora de ejercicio contra-factual, un principio de semiosis. (Eco, 2000, pp. 30-31).

Eco considera que los efectos de imágenes que se multiplican en laberintos de espejos es un efecto disfrutado estéticamente que ocasiona fenómenos de auto-reflexividad. El observador focaliza su atención en los mensajes, y también en la manera en que son usados los espejos. En nuestras palabras, al hallarnos frente a los espejos con la posibilidad de manipular los efectos que los objetos producen, nos encontramos ante la posibilidad de una redescipción representacional que relaciona el efecto perceptivo y el espejo: el espejo deja de ser transparente para volverse objeto de investigación.

Para que la representación del espacio sea repensada, los medios que la representan deben ser definidos como modelos que muestren una realidad, traduciéndola y codificándola sin copiarla literalmente (Pérez Echeverría, Martí, Pozo, enviado a revisión). La duplicación de la imagen del propio cuerpo es algo cotidiano que no sorprende y que constituye un nivel perceptivo primario y conocido. Reparar en los ángulos y prestar atención a los espejos como productores de efectos sería una redescipción representacional que apoya una actitud de explicitación que relacione los ángulos y las imágenes que se conforman en ellos. La redescipción requiere explicitar la experiencia sensorial en términos de las relaciones entre los objetos y lo que se ve en los espejos. Los visitantes acercan o alejan el prisma a una esquina y el objeto no solo se duplica sino que se transforma. La comparación entre las tres esquinas posibilita identificar similitudes y diferencias y apoyar inferencias. Para lograr que los visitantes formulen preguntas y puedan comprobar sus hipótesis, es necesario identificar las características del diseño de los módulos que orienten la atención, inviten a la manipulación y al despliegue de actitudes epistémicas que apoyen la interpretación de los fenómenos experimentados y la reestructuración teórica de nuevos y viejos conocimientos (Pozo, 2003). El hecho de identificar los niveles de información que el módulo presenta a los visitantes, por medio del análisis funcional, orienta el diseño de los módulos interactivos promoviendo una mayor explicitación y reestructuración teórica.

Concluimos la discusión retomando dos temas que hemos ido desarrollando:

El lugar de la comparación en un museo- Insistimos en este estudio en la comparación como *affordance* cognitivo y en la identificación de comparaciones fructíferas. La comparación no es un fin en sí mismo sino que es una propuesta más, ofrecida al visitante para facilitar la explicitación y la comprensión de los fenómenos observados. La comparación es una de las actividades mentales apoyadas en el diseño a través de la cual los museos de ciencias pueden crear espacios en los que se pueda ver de otra manera, fenómenos sorprendentes o conocidos para identificar, explorar, interpretar describir y explicar. Resumiendo lo aprendido a partir de la *Salita de espejos*: Al presentar el mismo fenómeno en tres variables, invitamos a los visitantes a prestar atención a las relaciones en juego y a observar la influencia de dichas variables en el resultado del experimento. El museo muestra entonces el

fenómeno y las maneras de mirarlo, el museo explicita las relaciones para apoyar dicha explicitación en el visitante.

La dualidad ante la exploración del visitante o la comprensión de los mensajes- Mencionamos anteriormente uno de los dilemas que los museos interactivos enfrentan: por un lado apoyar la exploración del visitante y por el otro enseñar conceptos y principios científicos. Recordamos también la advertencia de que algunos módulos explicitan los mensajes, a cuenta de la interacción y la exploración (Allen, 2004). Mencionamos asimismo que algunos museos se "quejan" que los padres adoptan un rol excesivamente didáctico, llegando a ignorar las intenciones exploratorias de los niños (Meisner, 2007; Tisdal, 2004). Observamos en este estudio la importancia del rol de los padres en la configuración de la actividad conjunta y la necesidad de ofrecerles ayudas específicas para que ellos a su vez puedan ayudar a sus hijos (Schauble *et al.*, 2002), encontrando desafíos interesantes para sí mismos. Los padres al interactuar con sus hijos en la *Salita de espejos* pudieron inmediatamente aprehender el nuevo módulo, descifrar las instrucciones, guiar a los niños hacia las experiencias claves, interpretar la experiencia por sí mismos, traducir el significado para sus hijos, confirmar el resultado y realizar los ajustes necesarios para apoyar el aprendizaje de sus hijos. (Allen, 2004)

En la búsqueda de este difícil equilibrio fue enfocado nuestro trabajo, buscando apoyar los procesos de construcción conjunta de conocimiento de padres e hijos, y ampliando la posibilidad de manipulación que se vea acompañada por la explicitación de los contenidos relevantes. Retomando los resultados del análisis textual: el módulo de los espejos ofreció oportunidades que llevaron de lo particular a lo general, de lo denotativo a lo analizado, de lo global a lo cuantificado, sin menoscabar la exploración. El enfoque que guió este estudio plantea que para la mayoría de los visitantes, la explicitación y focalización de los fenómenos y de las variables en juego, permitió el aumento del tiempo de interacción en el módulo y la explicitación de la información implícita en el módulo que de otra manera pasaría desapercibida. Las representaciones externas focalizaron la atención, transformaron las tareas y sostuvieron la interacción. Los espejos fueron foco de investigación y preguntas no solo por estar en el marco del museo (Halldén, Scheja y Haglund,

2008), sino por en su categoría de modelos (Harrison y Treagust, 2000) que muestran realidades para investigar y que apoyan cambios conceptuales graduales (Vosniadou, 2008) y la utilización de nuevos códigos para codificar la realidad (Pozo, 2001).

Nos queda aún por comprender los límites de este estudio, considerando las interacciones con los fenómenos que los padres desconocen, y con aquellos que van en contra su física intuitiva, aquellos que los mismos padres encuentran difíciles de comprender, elementos que desarrollaremos en los estudios siguientes.

Capítulo 7

LAS RUEDAS DENTADAS

I became adept at turning wheels in my head and at making chains of cause and effect: "This one turns this way so that must turn that way so. . ." I found particular pleasure in such systems as the differential gear, which does not follow a simple linear chain of causality since the motion in the transmission shaft, can be distributed in many different ways to the two wheels depending on what resistance they encounter. I remember quite vividly my excitement at discovering that a system could be lawful and completely comprehensible without being rigidly deterministic.

Seymour Papert, 1980, xviii

7.1 INTRODUCCIÓN

Nuestro primer estudio en el módulo de los espejos, logró identificar las representaciones externas que funcionaron como *affordances* cognitivas: la incorporación de elementos reestructuró la tarea y apoyó la explicitación de los contenidos. La externalización del fenómeno y de las variables en juego (a través de la incorporación de los cuerpos geométricos), permitió el aumento del tiempo de interacción en el módulo y la atención a contenidos que, de otra manera, pasaban desapercibidos. Intentamos investigar los contenidos explicitados en un nuevo módulo de mayor complejidad: La *Mesa de ruedas dentadas*, ya que los conceptos de este módulo son ignorados por algunos visitantes e involucran conceptos en los que la redescrición puede ser rastreada (Dixon y Bangert, 2004; Dixon y Dohn, 2003).

Las ruedas dentadas han sido utilizadas en la investigación del desarrollo de la causalidad en niños y adultos (Leher y Schauble, 1998; Metz, 1991; Perry y Elder, 1997), en el cambio conceptual y representacional (Dixon y Bangert, 2002, 2004; Dixon y Dohn, 2003, Dixon y Kelley, 2007) y en la investigación de la imágenes y representaciones internas (Hegarty, 2004; Schwartz y Black, 1996). Las tareas con ruedas dentadas requieren información específica de las interacciones entre las ruedas e información espacial (Schwartz y Black, 1996) y la redefinición del "espacio-

problema" (Metz, 1985) en un lapso relativamente breve. En una investigación de la comprensión de la dirección de movimiento en niños de 8 a 12 años de edad se utilizó un tablero con ruedas dentadas y una manija (Metz, 1985). Los niños entrevistados debían hallar todas las diferentes soluciones en las que dos ruedas marcadas giraran en la misma dirección (los hombrecitos dibujados en dos de las doce ruedas debían girar en el mismo sentido).

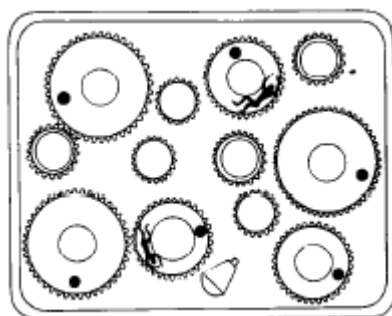


Figura 7.1 Materiales usados por Metz (1985).

El espacio-problema es la representación de las personas del entorno de la tarea. (Simon y Hayes, 1979). La consigna con ruedas dentadas estimuló la definición de problemas perceptivos, espaciales, cinemáticos, dinámicos y matemáticos, siendo algunas definiciones relevantes y otras irrelevantes para la resolución del problema:

La Definición Euclidiana involucró la atención a simetrías, ángulos, formas y tamaños actuando a lo largo de líneas. Esta definición era irrelevante para la solución del problema de dirección. Las figuras eran colocadas en el espacio, determinándose las correspondencias y las simetrías entre ellas (intercambiar dos ruedas o cambiar la posición de un hombrecito en relación a otro). La estrategia más usada fue la de cambiar la forma en la que se configuraban las ruedas dentadas, aunque no su número.

En la Definición Cinemática los niños consideraron movimientos, direcciones opuestas, alternancia de rotación y series de ruedas dentadas. Tomando en cuenta que dos ruedas dentadas adyacentes giraban en distintas direcciones, los niños identificaron la alternancia de rotación en una serie de ruedas dentadas. Para mover dos ruedas adyacentes en la misma dirección, los niños adoptaron la estrategia de separar las ruedas. Esta representación del espacio fue apropiada para solucionar el

problema y para definir las restricciones al armar sistemas de ruedas dentadas, ofreciendo una comprensión limitada, relegada al nivel empírico del problema. El obstáculo principal de esta definición fue la carga sobre la memoria de trabajo.

Definición Dinámica: La definición en este caso se realizó en términos de acciones (causas y efectos, línea de transmisión de movimiento, inversión de movimiento). La heurística de trabajo fue colocar las ruedas dentadas con hombrecitos en dos puntos y unirlos con ruedas intermedias. En caso de no lograr los efectos deseados, los niños agregaron una nueva rueda que funcionó como inversor de movimiento. Esta estrategia, así como la definición anterior, impuso exigencias a la memoria de trabajo.

La Definición Topológica (con o sin cuantificación) fue similar a la definición euclidiana ya que ambas son definiciones estáticas del espacio. Esta definición tomó en cuenta la conexión entre las ruedas y las formas abiertas o cerradas. Por medio de la construcción de cadenas, los niños lograron solucionar el problema y enumerar las posibles soluciones, sin imponer exigencias a la memoria de trabajo. En ocasiones lograron la definición de reglas de paridad (en sistemas con número impar los hombrecitos giran en la misma dirección). La principal deficiencia de la estrategia fue que en ocasiones la regla general era conocida pero inadecuadamente aplicada. Los niños del estudio expresaban que para hallar el resultado "debían contar ruedas" pero no sabían qué ruedas contar. La Definición Topológica por sí sola, no ofreció un modelo de los movimientos del mecanismo. Únicamente al ser combinada con el modelo aritmético, que implica una caracterización numérica de las unidades de significado, se construyó una regularidad.

Con el objeto de identificar el desarrollo de las explicaciones, Metz (1991) entrevistó a niños más pequeños. Este estudio se concentró en los contenidos y en la forma de las explicaciones de 32 niños de 3, 5, 7 y 9 años. Los niños debían predecir y explicar el comportamiento de distintas configuraciones de ruedas dentadas: abiertas, cerradas, desconectadas o trabadas. Se identificaron cambios cualitativos en las explicaciones, observándose tres etapas diferenciadas:

1. Explicaciones basadas en la función del objeto (por ej.: **Giran porque eso es lo que deben hacer.**) no hacían referencia a la estructura específica de la configuración. Estas explicaciones atribuían la causa del movimiento a las ruedas o a la manija.

2. Explicaciones relativas a la conexión entre las ruedas. En la segunda etapa, los niños mencionaban las conexiones en sus explicaciones (**Están todas pegadas y por eso se mueven**).

3. Explicaciones mecanicistas. Solo en la tercera etapa los niños sostenían la explicación mecanicista de interacción de una rueda con otra (**Porque si tú mueves ésa, ella moverá aquélla, y aquélla estará moviendo la otra**).

Se realizó asimismo un análisis de las transiciones de una etapa a otra. El pasaje de la primera a la segunda etapa involucraba un cambio fundamental, o sea, una discontinuidad de las entidades conceptuales, las acciones y las relaciones expresadas en la explicación. El cambio en el pasaje de la segunda a la tercera etapa era incremental a raíz de la diferenciación y descomposición de los elementos de la explicación. En el marco de análisis del cambio conceptual podríamos decir que el pasaje de la primera etapa a la segunda implica un cambio ontológico (Chi, 1992), mientras que el pasaje de la segunda a la tercera etapa involucra un ajuste de los contenidos y su integración jerárquica (Pozo y Gómez crespó, 1998).

Leher y Schauble (1998) estaban interesados en comprender la inferencia de la función del dispositivo a partir de su estructura y en establecer la relación entre visiones mecanicistas y matemáticas de sistemas de ruedas dentadas. Utilizando un tablero para generar predicciones y explicaciones del funcionamiento de las ruedas dentadas en máquinas y aparatos conocidos, se estudiaron las concepciones de niños de segundo y quinto grado acerca de la necesidad de contacto entre las ruedas, la transmisión de movimiento, la dirección de giro, la velocidad y el número de giros. Los niños manejaron conceptos del mundo físico (como fuerza, rotación, fuerza de torsión, ventaja mecánica) y conceptos matemáticos (como la razón y la proporción) y lograron tener un conocimiento superficial de las ruedas, conseguido a través de la mera observación. Sin embargo, determinados aspectos del sistema como la ventaja mecánica no fueron manejados por ellos, ya que exigían la integración de marcos de referencia (**Ruedas grandes y pequeñas giran a la misma velocidad angular pero ruedas de radio menor completan vueltas más rápidamente que aquéllas de radio mayor**). Para

comprender la ventaja mecánica era necesario observar y simbolizar patrones y regularidades. En este estudio la mayoría de los niños confundían la ventaja mecánica con la velocidad. Algunos niños mencionaban que la fuerza "se acababa" a medida que se alejaban del lugar de aplicación de la fuerza o cuantas más ruedas dentadas eran agregadas al sistema. Varios niños pensaban que ruedas dentadas contiguas giraban en la misma dirección y a la misma velocidad. Frente a problemas más complejos, que incluían variaciones en el número de ruedas y en su tamaño, se observó un desarrollo en el razonamiento de los niños, apoyado en conceptos matemáticos y no solo en causalidades simples. La visión mecanicista permitió a los niños identificar mecanismos subyacentes y aventurar modelos explicativos. El razonamiento matemático se desarrolló en situaciones en las que su uso ofrecía una clara ventaja a la simple generalización (Leher y Schauble, 1998).

Dixon y Bangert (2002, 2004) estudiaron los mecanismos de cambio de representaciones en tareas con ruedas dentadas. Estos autores sostienen que niños y adultos cambian sus representaciones en tareas estructuradas. El objetivo del estudio era distinguir dos tipos de procesos de cambio representacional:

1. La revisión de teorías – Este proceso va precedido por evidencias divergentes que muestran las fallas de las representaciones existentes y permite la creación de nuevas representaciones.
2. La redescipción representacional - Estos cambios son antecidos por soluciones exitosas e involucran el ajuste de las representaciones y la extracción de la información a partir de una representación original.¹

Se identificaron distintas representaciones básicas en sistemas de ruedas dentadas:

Dirección de movimiento – (llamada por los autores **F8** ya que recuerda los gestos de rotación alternados) - El movimiento se trasmite de una rueda dentada a otra adyacente a ella, mencionándose la dirección de las ruedas en términos de "gira en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario a las agujas del reloj".

¹ El uso de estas definiciones es de alguna manera diferente a las definiciones que manejábamos en capítulos anteriores en las que la revisión se realiza a partir de representaciones existentes y la redescipción permite la creación de nuevas representaciones.

Izquierda-Derecha (ID)- Esta estrategia refleja la representación de una secuencia alternada, sin referirse al movimiento del sistema. Esta representación viene precedida de respuestas correctas y mayor tiempo de respuesta.

Registro de la paridad del sistema. En este caso la representación permite contar las ruedas del sistema, identificar si el número es par o impar e inferir la dirección de giro. Esta representación es eficaz cuando es aplicada a las ruedas dentadas relevantes ya que como hemos mencionado anteriormente lleva a equivocaciones cuando la heurística no se aplica adecuadamente.

Se observó que la estrategia **F8** fue precedida por errores de respuesta lo que permitió inferir que involucra una revisión de la teoría. Por el contrario, la estrategia **ID** fue precedida por soluciones exitosas, por lo que parece ser una redescipción basada en la representación **F8**. Los niños que usaron la estrategia **F8** activaron la información sobre el giro, representando el movimiento de giro de las ruedas. De manera similar se observó el uso de gestos y la mención de la dirección alternada (**En esta dirección, en la otra dirección, en esta dirección, en la otra**). Esta relación de secuencias alternadas conforma la información necesaria para el descubrimiento de la estrategia **ID**.

Los estudios referidos confirman que las ruedas dentadas ofrecen distintos niveles de contenido particularmente en relación a las explicaciones mecanicistas y la cuantificación de las relaciones, por lo que es de esperar que funcionen de distintas maneras para niños y para padres con distintos conocimientos. Con el objeto de identificar las propuestas iniciales, las prolongadas (Gutwill y Thogersen, (2005) y los contenidos explícitos, implícitos y conceptuales (Postigo y Pozo, 2004) en el módulo y el despliegue de la información (Zhang *et al.*, 2002) pasamos a realizar el análisis funcional de las ruedas dentadas.

ANÁLISIS FUNCIONAL (Los mensajes del museo)	Transmisión del movimiento de una rueda dentada a otra. Direcciones opuestas en ruedas adyacentes. Relaciones entre la velocidad y la fuerza en ruedas dentadas de diferente tamaño.
ANÁLISIS DEL USUARIO (Propuestas iniciales básicas)	Construir un sistema abierto de ruedas interconectadas. Hacerlo funcionar rápido.
ANÁLISIS DE LAS TAREAS (Propuesta interactiva, procedimientos acciones, restricciones a la acción)	Encontrar soluciones cuando las ruedas se traban. Prestar atención a la transmisión de movimiento de una rueda a otra.
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN (Niveles de complejidad y despliegue de la información)	<u>Información explícita:</u> El movimiento no se trasmite si las ruedas no están en contacto. El movimiento se trava (una rueda, la cremallera o el borde dentado de la Mesa trava el movimiento). <u>Información implícita</u> El movimiento pasa de una rueda a otra. La cremallera sirve para transformar el movimiento rectilíneo en movimiento giratorio. Las ruedas pequeñas giran dos veces más rápido que las rudas grandes. <u>Información conceptual:</u> La circunferencia de la rueda pequeña es exactamente la mitad de la circunferencia de la rueda grande. Ruedas adyacentes giran en direcciones opuestas (mencionado en cartel explicativo).

Tabla 7.1: Análisis funcional del módulo de los espejos a partir de Gutwill y Thogersen, (2005), Postigo y Pozo, (2004) y Zhang, Johnson, Malin y Smith (2002).

A partir del análisis funcional examinamos distintas representaciones externas destinadas a apoyar actividades relacionadas con la dirección y la velocidad. Finalmente incluimos líneas en el radio de las ruedas que pudiendo ser alineadas, apoyaran actividades de comparación y cómputo, basándonos en que las marcas incitan un énfasis en las mediciones estáticas a diferencia de representaciones externas realistas que llevan a prestar atención a la transmisión del movimiento. (Schwartz y Black, 2006).

El objetivo del estudio:

4. Identificar los contenidos explicitados en la interacción con el módulo de las ruedas dentadas.
5. Identificar las conductas y actitudes epistémicas desarrolladas en la interacción de padres y niños.

6. Comprender el rol de las representaciones externas (entre ellas líneas en las ruedas y carteles explicativos) para la explicitación de contenidos relacionados con la dirección y la velocidad de las ruedas dentadas.

Las preguntas del estudio: ¿Es posible identificar niveles de explicitación de los contenidos en un mismo módulo? ¿Cuál es la relación entre contenidos explicitados y carteles explicativos? ¿Cómo afecta el conocimiento previo de los visitantes en la interacción con el módulo?

La hipótesis de este trabajo sostiene que distintos niveles de contenidos son obtenidos a partir de la información explícita e implícita en módulos con mayor demanda cognitiva. Las tareas serán restringidas por las representaciones externas del módulo pero la utilización de algunos apoyos podrá verse influida por los conocimientos previos de los visitantes.

7.2 ESTUDIO 2A

7.2.1 Metodología

7.2.1.1 Participantes

Cincuenta familias que visitaron el Museo de Ciencias de Jerusalén participaron en el estudio.

7.2.1.2 Tareas- Descripción del módulo

El módulo consta de una mesa con ruedas dentadas de dos tamaños diferentes. El revestimiento metálico de la mesa permite adosar ejes magnéticos en distintos lugares. Los visitantes arman sistemas de transmisión, pudiendo cambiar la configuración y controlar la velocidad de rotación del sistema. Una cremallera permite transformar el movimiento rectilíneo a giratorio y viceversa.

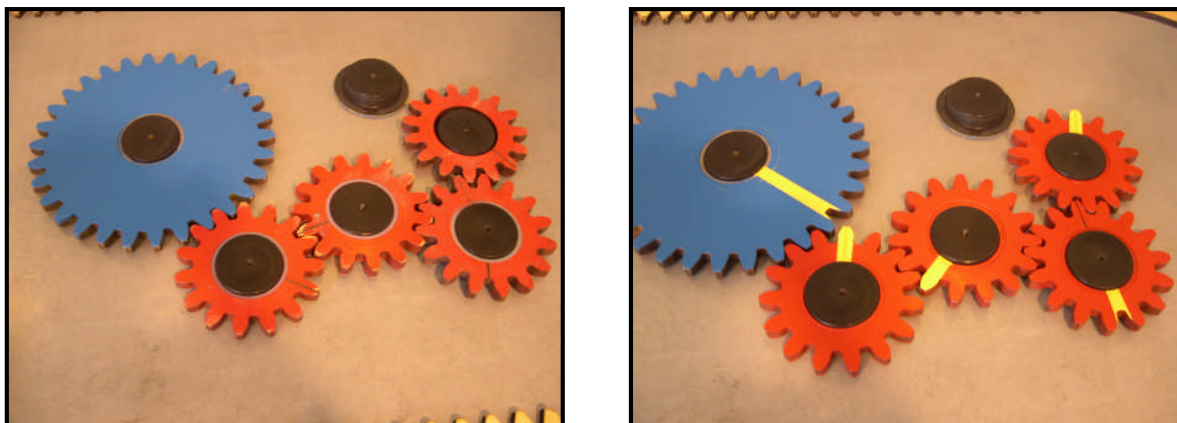


Figura 7.2 La Mesa de las ruedas dentadas con y sin marcas.

Los mensajes del módulo en los carteles explicativos sugieren:

Acercar dos ruedas dentadas para combinarlas (hacer girar una con la otra). Girar una de las ruedas y verificar en que dirección gira la otra.

Girar una rueda grande y una rueda pequeña adosadas. ¿Cuál de ellas gira más rápido?

Colocar varias ruedas en una línea, girar la primera. ¿En que dirección giran las otras?

La transmisión de las ruedas dentadas es utilizada para transferir movimiento giratorio preciso y para permitir cambios de dirección, velocidad y fuerza de rotación.

Las ruedas dentadas se encuentran en muchas maquinarias: relojes, bicicletas, y automóviles.

7.2.1.3 Procedimiento

La *Mesa de las ruedas dentadas* ofrece contenidos más complejos para el público en general que el módulo de los espejos antes estudiado. Para captar el nivel de explicitación de los contenidos del módulo de las ruedas dentadas y la influencia de las representaciones externas en la explicitación de los contenidos, se diseñó una situación experimental de factores cruzados en la que se agregaron elementos para visualizar los cambios de dirección y velocidad. Se consideró también el efecto de carteles explicativos que mencionaban cambios de dirección y velocidad. Se registraron en video las interacciones de los visitantes, con o sin estos elementos. Se midió el tiempo de interacción en las distintas situaciones. (**RD1 con líneas sin cartel, RD2 sin líneas sin cartel, RD3 con líneas con cartel, RD4 sin líneas con cartel**). La variable dependiente fue el tiempo de interacción en el módulo. Si bien algunos estudios en museos (Humprey y Gutwill, 2005) han considerado el tiempo de interacción con el módulo desde el momento que el primer miembro de la familia

inicia la interacción, nuestro estudio considera únicamente el tiempo compartido por adultos y niños.

Se estudiaron dos tipos de representaciones externas: los carteles explicativos y las líneas en las ruedas. Recordemos que este tipo de manipulación se realizó en el contexto natural de interacción familiar en el museo, lo que impone limitaciones para el diseño experimental. Por ejemplo, en algunos casos, padres e hijos no interactuaron simultáneamente en el módulo. Dichas familias no fueron incluidas en el estudio. Se consideraron para el análisis del tiempo de interacción solo aquellas familias que interactuaron juntas con el módulo (40 familias). A la salida de la exposición, la investigadora realizó una corta entrevista a los padres, presentando fotografías con situaciones de transmisión de movimiento de tres ruedas juntas (ANEXO I)

7.2.1.4 Análisis de los datos

Análisis de varianza del tiempo de interacción en la situación experimental y en la de control.

7.2.2 Resultados

7.2.2.1 Medición del tiempo

El tiempo de interacción en el módulo fue medido para las familias de la muestra desde el momento en que por lo menos un adulto y un niño abordaron juntos el módulo hasta el momento en que algunos de ellos, el niño o el padre, lo abandonó. A diferencia de la medición realizada en la *Salita de espejos*, en la que niños y padres ingresaban a un recinto cerrado, la *Mesa de las ruedas dentadas* se halla en una habitación con varios módulos. Si bien el tiempo de la situación con carteles y líneas es ligeramente mayor no se encontraron diferencias significativas entre los tiempos de interacción en las cuatro situaciones, (**tiempo medio con líneas sin cartel** = 01.47 minutos, **tiempo medio sin líneas sin cartel** = 1.49 minutos, **tiempo medio con líneas con cartel** = 2.18 minutos, **tiempo medio sin líneas con cartel** = 1.49 minutos).

7.3 ESTUDIO 2B

7.3.1 Metodología

7.3.1.1 Participantes

Se realizó un estudio detallado para verificar la influencia de líneas en las ruedas y de carteles explicativos en acciones y conversaciones (diez familias en cada una de las condiciones siguientes del diseño cruzado: **RD1 con líneas sin cartel, RD2 sin líneas sin cartel, RD3 con líneas con cartel, RD4 sin líneas con cartel**). Para este grupo de 40 familias, se registraron las interacciones y las conversaciones en video.

7.3.1.2 Procedimiento: Recolección de datos en el museo

La *Mesa de las ruedas dentadas* se halla en una zona cercana a la entrada del museo. Al ingresar una familia a la sala, la investigadora se dirigió a uno de los padres para pedir su consentimiento de participar en el estudio, indicando que el objeto del mismo era identificar las características de los módulos que se adaptaran a la interacción familiar. Se especificó que la consigna era interactuar naturalmente con el módulo. Los padres llenaron un cuestionario con datos socio-demográficos. Un 5% de las familias abordadas rehusó a participar en el estudio, argumentando que se hallaban o al principio o al final de la visita, o que no querían ser filmados.

7.3.1.3 Análisis de los datos

Análisis estadísticos textuales: Similares a los análisis del primer estudio.

Elaboración de un índice de familia que resume los contenidos explicitados durante la interacción.

Análisis de videos: 1) Categorías de conducta y 2) Patrones de actuación específicos.

Análisis de un caso en profundidad (ver capítulo 5 para la explicación del diseño de los estudios).

7.3.2 Resultados

7.3.2.1 Análisis estadísticos de datos textuales

Todos los análisis lexicométricos fueron realizados mediante el programa estadístico SPAD.T (Versión 5.5). Los análisis estadísticos de los textos fueron ejecutados para distintas variables: en un primer análisis comparamos el uso de las palabras de los adultos y de los niños y su relación con la situación experimental, agrupando a padres con o sin líneas y a niños con o sin líneas. Incluimos en el corpus 80 individuos, veinte adultos en la situación experimental (grupo **Adulto con líneas**) conformado por los adultos de los grupos **RD1 con líneas sin cartel** y **RD3 con líneas con cartel** y veinte en la situación control (grupo **Adulto sin líneas**) conformado por los adultos de los grupos **RD2 sin líneas sin cartel**, y **RD4 sin líneas con cartel**; veinte niños en la situación experimental (grupo **Niño con líneas, Niños de RD1 y RD3**) y veinte en la situación control (grupo **Niño sin líneas, Niños RD2 y RD4**). Esta variable se utilizó en esta primera etapa como variable ilustrativa.

Primera etapa: Análisis factorial de correspondencias simples sobre la tabla individuos/palabras- condición líneas. El número total de palabras del corpus es 4395, el número de palabras distintas es 673. El índice de diversidad, o sea el porcentaje de palabras distintas, es de 15,3%. Después de la aplicación de un umbral de 13 frecuencias, quedaron 78 palabras, de las que se eliminaron 8 preposiciones y pronombres para clarificar la representación gráfica sin perder mayor información sobre los contenidos relevantes (a saber: al, de, la, las, lo, los, el, a). Este análisis previo configura una tabla de contingencia que relaciona las palabras con los individuos sin ninguna organización previa. Como observamos en la tabla 2, los valores-test de las modalidades ilustrativas (**Adulto con y Adulto sin líneas, Niño con y Niño sin líneas**) superan el valor $+2$.

SITUACIÓN	VALORES TEST	
	EJE 1	EJE 2
Adulto con Línea	-2.0	0.7
Adulto sin Línea	-2.0	0.1
Niño con Línea	5.6	-0.5
Niño sin Línea	5.1	-1.5

Tabla 7.2: Valores-test de las modalidades de las variables ilustrativas (Adulto-niño, con y sin líneas).

El análisis factorial de correspondencias sobre la tabla de todos los individuos y todas las palabras muestra entonces, que las cuatro modalidades alcanzan el valor-test en un eje. Esto nos permite afirmar que el léxico de los padres y el de los niños en la situación experimental y en la situación control presentan diferencias estadísticamente significativas al responder a la tarea.

Segunda etapa: AFCS sobre la tabla léxica agregada (individuos agrupados / palabras). Dado que el AFCS inicial mostró que el léxico de los cuatro grupos alcanza el valor-test, resulta lícito proceder a la agrupación de los textos según estas modalidades, que pasamos a considerar como variables activas. Por consiguiente, aplicamos un nuevo AFCS sobre una tabla léxica agregada, en la que cruzamos todas las modalidades (**Adultos con y sin líneas, niños con y sin líneas**) con todas las palabras resultantes después de la aplicación del *umbral de repetitividad*. Es decir, consideramos a los 20 participantes de cada situación como si fueran un único individuo. Las cuatro modalidades en este segundo análisis contribuyen a la conformación del plano factorial, dado que todas superan la contribución media ($100 / n^{\circ}$ de modalidades = 25) en alguno de los primeros dos ejes.

SITUACIÓN	CONTRIBUCIÓN	
	EJE 1	EJE 2
Adulto con Línea	16.4	48.1
Adulto sin Línea	11.1	51.7
Niño con Línea	31.5	0.2
Niño sin Línea	41.0	0.0

Tabla 7.3: Contribuciones de las modalidades de las variables activas (Adulto-niño, con y sin líneas).

En la Figura 2, se presenta el plano factorial derivado del AFCS de esta segunda etapa del análisis. En él se proyectan únicamente las palabras y modalidades cuya contribución al plano superara la media. (La tabla con todas las palabras contributivas de este análisis se halla en el ANEXO II)

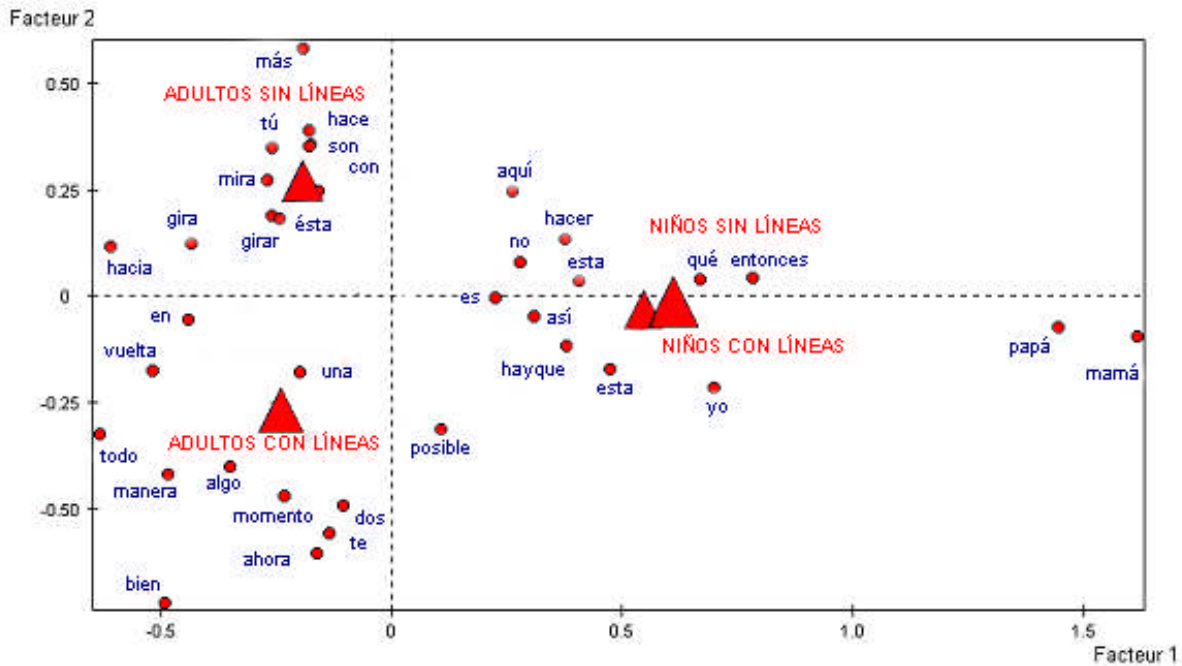


Figura 7.3– Proyección del plano factorial de correspondencias de grupos y palabras (variable activa Adulto-Niño, con y sin líneas).

De las 70 palabras, 36 fueron contributivas a los ejes factoriales. Los resultados del AFCS permitieron distinguir cuatro *grupos léxicos*, asociados a cada una de las modalidades de la *variable activa* (**Adultos con y sin líneas; Niños con y sin líneas**)

Grupo léxico asociado a la modalidad Adulto con Líneas: **en, vuelta, una, dos, manera, todo, ahora, momento, algo, bien.**

Grupo léxico asociado a la modalidad Adulto sin líneas: **gira, girar, hacia, mira, ésta hace, tú, más.**

Grupo léxico asociado a la modalidad Niño con líneas: **hayque², posible, es, así, esta, yo, papá, mamá.**

Grupo léxico asociado a la modalidad: Niño sin líneas: **aquí, hacer, esto, que, entonces, no.**

Tercera etapa: Selección de las respuestas modales y análisis cualitativo de las mismas. Dado que el AFCS realizado en la etapa anterior diferenció entre las

² Este neologismo es la traducción más cercana a la expresión formulada en el idioma original que indica exigencia de realizar la tarea de una determinada manera. Fue elegido para diferenciarlo de la opción de hacer algo (se puede) o la obligación de hacerlo (se debe).

cuatro modalidades de la variable *activa* (**Adultos con y sin líneas; Niños con y sin líneas**), se procedió a aplicar el procedimiento de selección automática de Respuestas Modales o Típicas, según el criterio χ^2 (adecuado para respuestas relativamente extensas). Este procedimiento permitió ordenar jerárquicamente las respuestas recogidas según su grado de prototipicidad. Así, considerando un cuarto de las respuestas modales más características de cada texto (ya que una sola no es suficiente para resumir la información aportada por el mismo), fue posible inferir los significados de los *grupos léxicos* en su contexto original de producción, y describir cualitativamente los rasgos más característicos de cada uno de los grupos conformados. En las descripciones se incluyeron fragmentos de las respuestas modales a título ilustrativo, separándose con doble barra las que corresponden a participantes distintos.

Grupo Adultos con líneas: en, vuelta, una, dos, manera, todo, ahora, momento, algo, bien. Los adultos de este grupo invitan a sus niños a interactuar con el módulo (**Vamos a probar las ruedas dentadas // Armen algo, muévanlo a un lado, muévanlo al otro**). Estos padres asimismo usan el módulo para demostrar algunos principios (**Cuando la pequeña gira, la grande gira despacio y la pequeña mucho más rápido // Se mueve una y todo se mueve**) mencionando aplicaciones de dichos principios (**Son ruedas dentadas en muchos tipos de maquinarias. // ¿Sabes tú dónde se lo utiliza? Se lo puede usar para movimiento rectilíneo**). Este grupo de padres hace mención del tamaño de las ruedas al proponer tareas a los niños (**Unimos la legua amarilla para ver cuántas vueltas hará la rueda pequeña // Hacer girar una roja pequeña y del otro lado una grande**). Los adultos de este grupo comparan el número de vueltas que realizan las ruedas grandes y las pequeñas (**Si ponemos una grande también aquí verás que las dos hacen lo mismo // Cuando la rueda grande haga una vuelta...**). Asimismo, cuentan las vueltas mencionando los numerales de las vueltas al interactuar con sus hijos, e invitando a los niños a prestar atención a la relación numérica entre las ruedas (**Por cada vuelta que hace la grande, la pequeña hace dos // Ahora hizo una vuelta y ésta hizo dos vueltas**). En algunos casos este conteo se repite varias veces en una misma interacción, primeramente con ruedas de tamaño desigual y luego comparando ruedas de igual tamaño. Los adultos mencionan la dirección contraria de ruedas adyacentes (**Giran en dirección contraria //Tú la haces girar para este lado y ésta gira hacia el otro lado**) y en dos de las respuestas modales indican la

transformación del movimiento lineal en movimiento rectilíneo (**Un movimiento hacia arriba y hacia abajo produce movimiento giratorio // Es decir, no se necesita moverlo en círculo, se puede utilizar un movimiento rectilíneo horizontal**). Por último, este grupo de padres intenta desacelerar el ritmo de actividades de la tarea, en algunos casos a costa de la actividad de los hijos: (**Déjalo trabajar a papá un momento; mira un momento // Espera un momento**) controlando la serie de actividades a realizar (**Presten atención ahora // Ahora mira // Ahora Uds. arman**). Los padres asimismo demuestran lo que se debe hacer o los efectos deseados (**Para moverlo de esta manera no se necesita moverlo en círculo // Debe ser de manera tal que éste lo mueva // Únelo de esta manera**).

Grupo léxico asociado a la modalidad Adulto sin líneas: gira, girar, hacia, mira, ésta hace, tú, más. Los adultos de este grupo destacan la transmisión de movimiento como actividad central en la *Mesa de ruedas dentadas* (**Se debe hacer algo aquí y todas van a girar, unas a otras; se debe hacer girar a ésta para que ésta haga girar a la otra, que haga girar a la otra // Unamos ésta también y a continuación más ruedas**). La transmisión de movimiento indica que basta mover una rueda para mover a todas (Si se mueve ésta, mueve todas). En algunas ocasiones los individuos identifican que algo está impidiendo la transmisión de movimiento (**Éste los frena // Los frena, los atranca // Seguro, tú lo frenas**). Este grupo de adultos se caracteriza por el uso privilegiado de la palabra **más**. Dado que esta palabra es utilizada para indicar comparaciones nos resulta importante relacionarla con sus contextos de uso: este vocablo es utilizado para indicar intensidad (**Agreguemos a continuación más ruedas // De este lado el eje es más fuerte**). En otros casos, es utilizada para hacer comparaciones cualitativas de la velocidad (**¿Cuál de ellas gira más rápido? la pequeña gira más rápido**), de tamaño (**Hay en la bicicleta una rueda más grande adelante y atrás una más pequeña**) y en un caso particular, de fuerza (**Cuánto más grande es la rueda, ¿es más fácil o más difícil hacerla girar?**) Por último, al igual que en el grupo de adultos con líneas, se producen comparaciones de la dirección (**Ésta hace girar a ésta en esta dirección, y ésta hace girar a ésta en la otra dirección // Mira, tú haces girar a éste hacia aquí y la segunda gira hacia allí**), ofreciendo explicaciones de distinto nivel de complejidad (**¿Te acuerdas que cada una gira en dirección contraria?//Esto es para invertir el movimiento**). Es importante mencionar que en las respuestas modales del grupo de Adultos sin líneas hay aquellos que comparan el número de vueltas, contando alternativamente las vueltas de la rueda pequeña y las de

la rueda grande. Si bien el conteo no es exclusivo del grupo anterior, la utilización de los numerales por parte de los padres parece ser más natural en los casos en que los niños realizan la cuenta por sí mismos apoyándose en la visualización que las líneas ofrecen.

Grupo léxico asociado a la modalidad Niño con líneas: **hayque, posible, es, así, esta, yo, papá, mamá.** Si bien los niños de ambos grupos se hallan muy cercanos y comparten palabras, el análisis léxicométrico permite establecer algunas diferencias sutiles. Los niños del grupo con líneas definen las tareas del módulo de manera explícita. (**Hayque armar un circuito de ruedas // Hayque hacer así // Hayque mover // Al final tú debes hacer girar ésta con ésta**) el uso del "hayque" muestra que los niños interpretan el objetivo del módulo y lo comentan con los otros miembros de la familia. Recordemos que el grupo de padres manifestaba la intención de desacelerar la actividad de los niños, presentando otras alternativas como la comparación de direcciones o velocidades. Las percepciones diferentes de las tareas de los padres y los niños, llegan a provocar choques pero también abren nuevas opciones de interacción (Miyake, 2008). En algunos casos las reglas son expresadas como opciones que el módulo ofrece o impide (**Es posible colocarlo // No es posible levantarlo**) o como inferencias (**Pero, ¿si yo le acerco ésta? // Si yo hago...**). Los niños de este grupo ofrecen explicaciones a sus padres (**La rueda pequeña y la rueda grande giran a velocidades distintas // Si hacemos girar una rueda dentada, las ruedas se entrelazan así como si movieran unas a las otras**). Identificamos en este grupo algunas expresiones que manifiestan interés o goce (**Ésta es una máquina interesante // ¡¡Espectacular!!**). Por último la palabra **yo**, en ocasiones utilizada en este grupo y en otros implícita, indica por un lado la agencia de los niños (**Yo lo hice // Tengo una idea // Ves, sin moverlo, Mamá, mira cómo lo ordené**) y por el otro es usada para expresar la ignorancia o la perplejidad (**Yo no sé**).

Grupo léxico asociado a la modalidad: niño sin líneas: **aquí, hacer, esto, que, entonces, no.** Estos niños parecen tener menos claro cuál es el objetivo del módulo. En algunos casos, los niños expresan perplejidad frente al módulo expresando ignorancia o dudas sobre las opciones de interacción (**¿Qué es esto? // ¿Qué debo hacer?**). Estos niños intentan inferir efectos (**No, así se moverá // No girará**) y en algunos casos expresan extrañeza por no haber logrado los efectos deseados (**Esto no hace nada**).

Algunos niños hacen preguntas relevantes a los elementos del módulo (¿Dónde está la otra roja?) o hacen eco del cartel explicativo enunciando en voz alta las preguntas del cartel (¿Cuál de ellas girará más rápido?). En algunos casos ofrecen explicaciones (erróneas) del efecto (La pequeña gira más rápido porque tiene huecos más pequeños // Así se frena porque no es una rueda).

Resumiendo, vemos algunas diferencias específicas de cada grupo junto a algunos usos de palabras similares. Por ejemplo, las líneas parecen apoyar el conteo y la comparación de la relativa velocidad de las ruedas. Sin embargo en ambos grupos de padres encontramos la explícita mención de la dirección y la velocidad. Para entender más profundamente este resultado realizamos un análisis lexicométrico complementario sobre el uso de los carteles, comparando los grupos de los adultos con y sin cartel para registrar la influencia de los contenidos mencionados en los carteles sobre las conversaciones de los visitantes.

Se conformó un nuevo corpus, dividiendo el grupo de padres y el de los niños según la situación con y sin cartel. Realizamos el análisis previo configurando una tabla de contingencia que relaciona las palabras con los individuos sin ninguna organización previa. Los valores-test de tres de las modalidades ilustrativas en la Tabla 7.2, alcanzan un valor superior a 2 (**Adulto con cartel, Niño con cartel y Niño sin cartel**).

SITUACIÓN	CONTRIBUCIÓN	
	EJE 1	EJE 2
Adulto con Cartel	2.1	-0.5
Adulto sin Cartel	-1.7	-0.9
Niño con Cartel	4.3	0.7
Niño sin Cartel	6.2	3.1

Tabla 7.4 Valores-test de las modalidades de las variables ilustrativas: adulto, niño con y sin cartel.

El análisis factorial de correspondencias sobre la tabla de todos los individuos y todas las palabras, indica que tres de las cuatro modalidades de las variables de situación alcanzan el valor-test en uno o ambos ejes, lo que permite afirmar que el léxico de los padres con carteles, el léxico de los niños con carteles y el de los niños

sin carteles, presentan diferencias estadísticamente significativas al responder a la tarea.

Segunda etapa: Análisis factorial de correspondencias simples sobre la tabla agregada situación (con y sin cartel) y las palabras diferentes del corpus. Analizamos en este caso solo las modalidades significativas de la primera etapa, excluyendo la variable que no alcanzó el valor-test en el análisis inicial. En la segunda etapa, las tres modalidades contribuyeron a la conformación del plano factorial, dado que superaban la contribución media ($100 / n^{\circ}$ de modalidades = 25) en alguno de los primeros tres ejes.

SITUACIÓN	CONTRIBUCIÓN	CONTRIBUCIÓN	CONTRIBUCIÓN
	EJE 1	EJE 2	EJE 3
Adulto con Cartel	17.0	40.4	3.1
Adulto sin Cartel	9.9	56.5	0.5
Niño con Cartel	24.2	2.5	58.9
Niño sin Cartel	48.9	0.6	37.4

Tabla 7.5: Contribuciones de las modalidades de la variable activa adulto-niño, con y sin cartel.

De las 70 palabras distintas que quedaron luego de aplicar el *umbral de repetitividad* 12, se encontraron 35 palabras contributivas.

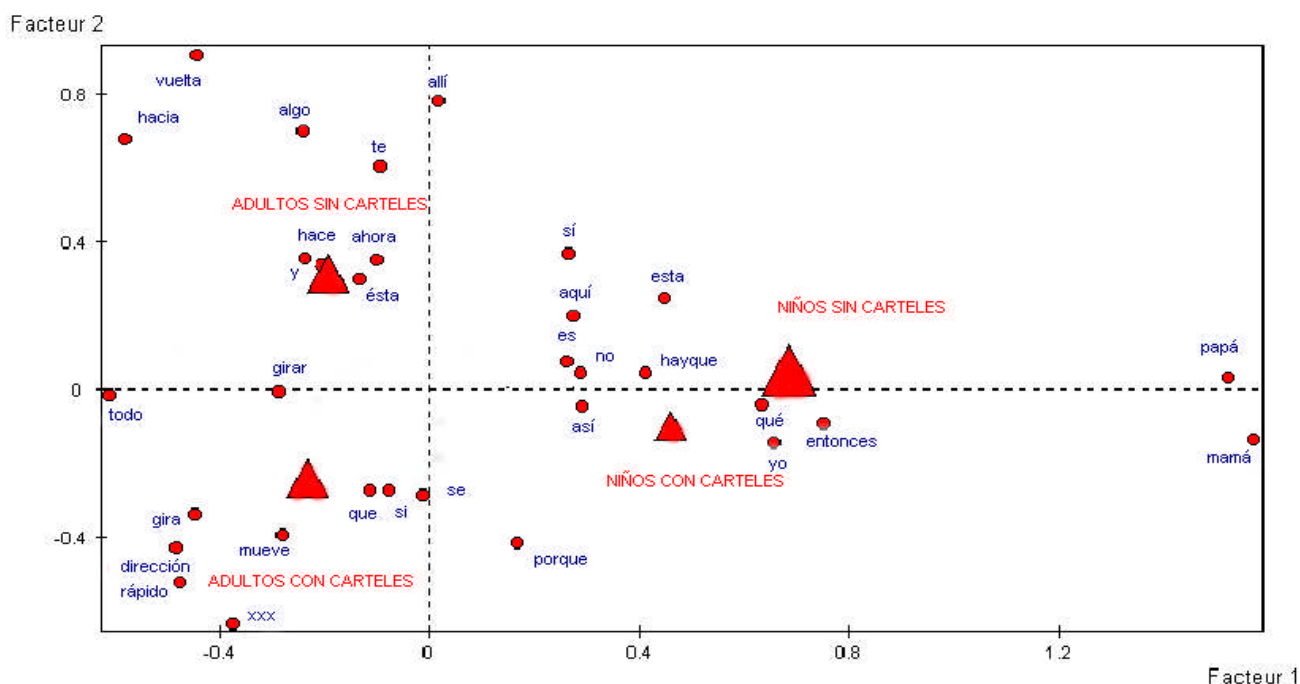


Figura 7.4– Proyección del plano factorial de correspondencias de grupos y palabras (variable activa Adulto-Niño, con y sin carteles)

Dado que las palabras contributivas del corpus así configurado son similares a las del análisis anterior, en especial las palabras contributivas de los niños, pasamos a analizar solo algunos elementos del grupo de adultos con carteles. En particular se analizarán las palabras contributivas **dirección, rápido, si, mueve y porque**.

Grupo léxico asociado a la modalidad Adulto con carteles: El grupo de padres con carteles formula propuestas a los niños (**¿Quizás si yo lo sostengo? //¿Pero, si lo movemos qué pasa? // Hayque controlar si se mueven**), algunas veces en forma de preguntas (**Si nosotros queremos mover las ruedas dentadas ¿cómo podemos?**). Los adultos de este grupo parafrasean preguntas de los carteles (**¿Cuál gira más rápido?**) y citan los carteles en sus propuestas (**Está escrito: hacer girar una rueda pequeña con una rueda grande**). Este grupo de adultos hace mención de la dirección de giro de las ruedas adyacentes en forma de preguntas dirigidas a los niños (**En qué dirección, ¿hacia dónde gira la otra?**), descripciones de las acciones de los niños (**Tú la haces girar para este lado y ésta gira hacia el otro lado y ésta gira en dirección...**) o generalizaciones del efecto (**Al haber varias ruedas, la rueda siguiente gira en dirección contraria**). La mención explícita de la velocidad aparece en las explicaciones de este grupo (**La pequeña gira más rápido porque la grande, hasta que hace una vuelta la pequeña ya... //La pequeña gira más rápido en poco tiempo porque la grande tiene más dientes**). Recordemos que la mención de la dirección de giro se había dado en ambos grupos de padres en el análisis anterior en adultos con y sin líneas. Como ya hemos mencionado, en dicha condición, los adultos con líneas incluían diez adultos con carteles y diez adultos sin carteles. Al separar el corpus según la presencia o ausencia de carteles explicativos, vemos que la mención explícita de la velocidad y la dirección en los carteles, parece influir directamente en el léxico empleado por estos padres.

7.3.2.2 Índice de familia

El objetivo de organizar un índice de familia es identificar los contenidos del módulo explicitados, indicando el porcentaje de familias que lo explicitan. Para facilitar la visualización, organizamos una tabla que relaciona los contenidos del módulo mencionados en los carteles, sus representaciones externas en los elementos del módulo y algunos ejemplos registrados en las conversaciones.

CARTELES EXPLICATIVOS	ELEMENTOS DEL MÓDULO	CONVERSACIONES
<i>Acercar dos ruedas dentadas para combinarlas (Hacer girar una con la otra).</i>	Ruedas independientes que giran sobre ejes magnéticos móviles, combinables unas con otras	Hayque acercar éste y colocarlo // Hayque hacer que todos se toquen.
<i>La transmisión de las ruedas dentadas es utilizada para transferir movimiento giratorio preciso.</i>	Las ruedas giran libremente hacia izquierda y derecha. Al agregar ruedas al sistema hay que ejercer más fuerza.	Yo quiero que una rueda roja pequeña mueva una rueda azul al otro lado // Una rueda hace andar a todas las ruedas
<i>Girar una rueda grande con una rueda pequeña. ¿Cuál de ellas gira más rápido?</i>	Ruedas grandes de color azul, ruedas pequeñas de color rojo.	La rueda pequeña y una rueda grande giran a velocidades distintas // Vamos a ver cuantas vueltas hará la rueda pequeña, cuando la rueda grande haga una vuelta.
<i>La transmisión de las ruedas dentadas es utilizada para permitir cambios en la dirección, la velocidad y la fuerza de rotación.</i>	Líneas en las ruedas pueden ser encastradas haciendo perceptible la dirección y la velocidad del movimiento. Cremallera para cambiar de dirección de movimiento y convertir movimiento rectilíneo a giratorio (y viceversa).	Al haber varias ruedas dentadas, la rueda siguiente gira en la dirección contraria // Fíjate, tú lo haces girar para este lado, ésta gira hacia el otro lado, y ésta gira en dirección.
<i>Las ruedas dentadas se encuentran en muchas maquinarias: relojes, bicicletas, y automóviles.</i>		Como un reloj.

Tabla 7.6: Contenidos del módulo de ruedas dentadas en los carteles, sus representaciones externas en el módulo y algunos ejemplos de conversaciones.

En este marco de análisis y siguiendo a Metz (1991) algunas entidades conceptuales son directamente observadas a partir de los elementos del módulo (tamaño, contacto, y en alguna medida, la dirección de giro) mientras que otras relaciones (como la transmisión de movimiento, la velocidad y la fuerza) son construcciones teóricas. Para conformar el índice de familias se procedió a identificar en cada una de las familias frases relacionadas con los contenidos. Estas frases podían tener la forma de inferencias, predicciones, imperativos o preguntas. A partir de ellas se armaron categorías de contenidos.

La primera categoría de análisis es la expresa mención de las ruedas dentadas. Nos interesa identificar si las familias hacen mención de las ruedas dentadas para diferenciarlas de los casos en que los elementos son referidos simplemente como ruedas. Una segunda categoría de análisis es la relación de los elementos del módulo

con el contexto de la vida real (Hay ruedas en relojes, máquinas y tractores). La tercera categoría identifica la conexión entre las ruedas, considerada en frases como (Se tocan, acerco ésta), incluye verbos como unir, juntar y conectar una cadena. No incluye referencias a "armar el sistema". Consideramos varias categorías de transmisión de movimiento: 1) La transmisión de movimiento de una rueda a otra: (Ésta mueve a ésta, que mueve a ésta). 2) las direcciones de giro en ruedas adyacentes, 3) la transformación de movimiento rectilíneo a movimiento giratorio 4) la mención explícita de la imposibilidad de transmitir el movimiento (Se traba, está frenado, tú lo frenas).

Una vez conformadas las categorías, dos juezas analizaron independientemente las transcripciones de la mitad de las familias del estudio. El índice de acuerdo entre los dos jueces independientes se calculó con el índice Kappa, con resultados de 0.761 a 1, considerado de bueno a muy bueno. Organizamos a continuación una tabla con los contenidos mencionados en los carteles, aquellos identificados por los comisarios como mensajes del módulo y la ocurrencia de mención de los contenidos en cada una de las familias.

	R. Dentadas	Cotidiano	Conexión	Movimiento	Contrario	Rectilíneo	Freno	Vel/ Fuerza
RD1 (n=10)	4	3	6	5	3	1	4	3
RD2 (n=10)	5	1	4	7	2	2	4	2
RD3 (n=10)	7	3	8	5	2	2	2	5
RD4 (n=10)	8	6	9	9	3	0	3	3
	24	13	27	26	10	5	13	13

Tabla 7.7- Ocurrencia de mención de contenidos por las familias en RD1 con líneas sin cartel, RD2 sin líneas sin cartel, RD3 con líneas con cartel, RD4 sin líneas con cartel.

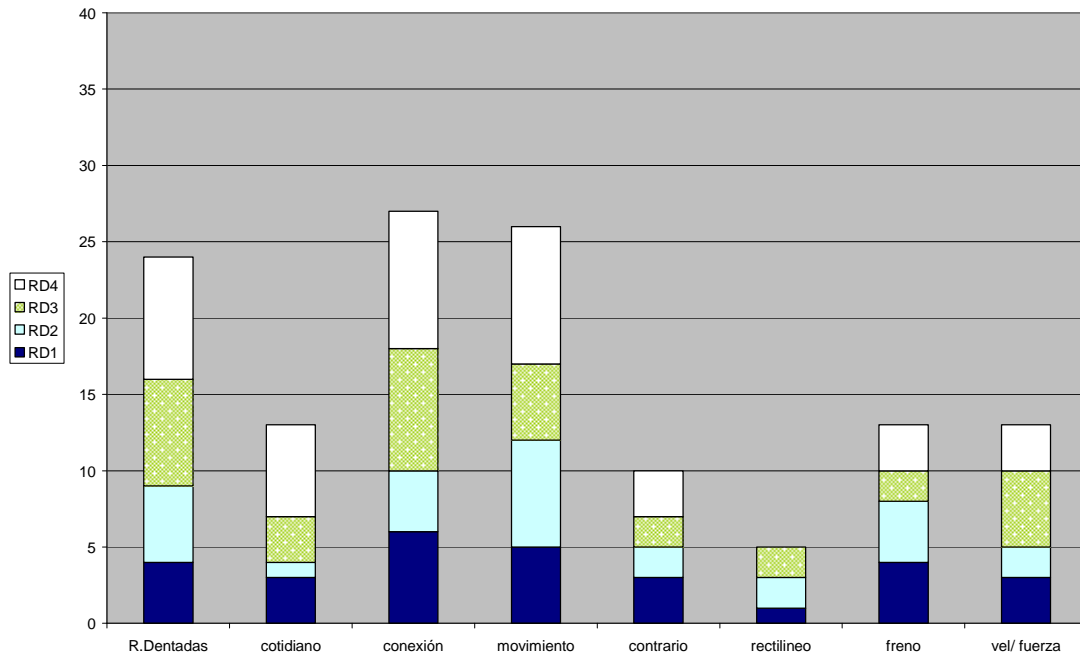


Figura 7.7- Ocurrencia de mención de Contenidos por las familias en RD1 con líneas sin cartel, RD2 sin líneas sin cartel, RD3 con líneas, con cartel, RD4 sin líneas con cartel.

No encontramos diferencias significativas en la frecuencia de la mención de los contenidos en las distintas situaciones. Los contenidos explicitados en las conversaciones en el módulo por más de un 60% de las familias, independientemente de la situación en la que se hallen son:

- a) nombre de los elementos (**Son ruedas dentadas**).
- b) conexión de las ruedas: expresa necesidad de unir las ruedas para formar sistemas, identificando situaciones en que las ruedas están separadas,
- c) transmisión de movimiento de una rueda a otra, identificando en algunos casos los elementos que frenan el sistema, por ejemplo, una rueda trabada por el borde de la mesa, otra rueda o la cremallera.

En menor grado, en solo el 32.5% de los casos se hace una mención explícita de los aparatos cotidianos que incluyen ruedas dentadas. En esta misma proporción son explicitadas las velocidades relativas de una rueda y otra y las distintas situaciones en que algún elemento frena el sistema. Por último, menos de un 25% de las familias hace alusión a la dirección de las ruedas adyacentes, al movimiento

rectilíneo. Estos contenidos implican una mayor definición de la transmisión del movimiento y reflejan una causalidad mecanicista.

Es importante señalar que los contenidos referidos a la conversión del movimiento lineal al giratorio, no son mencionados en los carteles explicativos, por lo que las familias que los mencionan parecen estar utilizando sus conocimientos previos. Recordamos que no encontramos diferencias significativas en el tiempo de la interacción por lo que parecería ser que los padres con conocimientos no hablan más sino que explicitan contenidos diferentes frente a los *affordances* del módulo. Basándonos en la mención de la conversión del movimiento rectilíneo al giratorio y en la identificación de la situación de inmovilidad al juntar tres ruedas dentadas recopiladas en la entrevista (ANEXO I), procedimos a realizar un tercer análisis lexicométrico en el que comparamos el uso de las palabras de los adultos con conocimientos previos y sin ellos. Se incluyeron en el corpus 80 sujetos, dieciséis adultos en la situación experimental (grupo **Adulto con conocimientos**) y 24 en la situación control (grupo **Adulto sin conocimientos**); 16 niños en la situación experimental y 24 en la situación control. Esta variable se utilizó en la primera etapa como variable ilustrativa. Realizamos el análisis previo configurando una tabla de contingencia que relaciona las palabras con los individuos sin ninguna organización previa. Los valores-test de tres de las modalidades ilustrativas en la Tabla 2, alcanzan un valor superior a 2.

SITUACIÓN	CONTRIBUCIÓN	
	EJE 1	EJE 2
Adulto con Conocimiento	2.4	0.8
Adulto sin Conocimiento	0.8	0.6
Niño con Conocimiento	-4.8	-2.1
Niño sin Conocimiento	-5.0	-2.1

Tabla 7.8 Valores- test de las modalidades de las variables ilustrativas: adulto, niño con y sin conocimientos.

Después de la aplicación de un umbral de 12 frecuencias, quedaron 76 palabras, de las que se eliminaron 8 preposiciones y pronombres para clarificar la representación gráfica sin perder mayor información sobre los contenidos relevantes, quedando 36 palabras contributivas (ANEXO III). En el Análisis factorial de

correspondencias simples sobre la tabla agregada situación (con o sin conocimientos) y las palabras diferentes del corpus, analizamos solo las modalidades significativas de la primera etapa, excluyendo la variable que no alcanzó el valor-test en el análisis inicial (Adulto sin conocimiento). En la segunda etapa, las tres modalidades contribuyeron a la conformación del plano factorial, dado que superaban la contribución media ($100 / n^{\circ}$ de modalidades = 25) en alguno de los primeros tres ejes.

SITUACIÓN	CONTRIBUCIÓN		
	EJE 1	EJE 2	EJE 3
Adulto con conocimiento	38.7	24.0	1.7
Adulto sin conocimiento	0.2	54.1	7.1
Niño con conocimiento	23.1	21.1	48.1
Niño sin conocimiento	38.1	0.8	43.1

Tabla 7.9 Contribuciones de las modalidades de la variable activa adulto-niño, con y sin conocimiento.

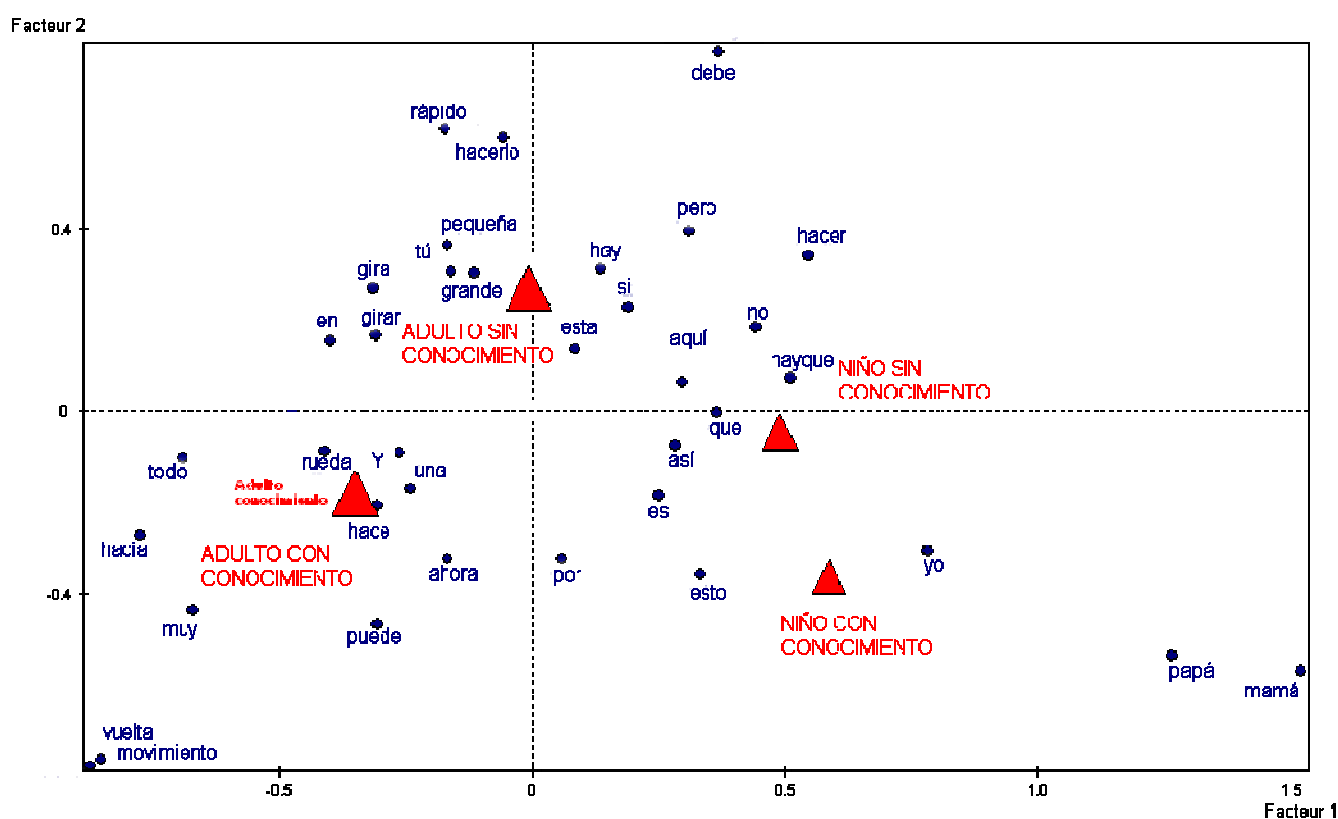


Figura 7.5: Proyección del plano factorial de correspondencias de grupos y palabras (variable activa Adulto-Niño, con y sin conocimientos).

Nos interesa particularmente analizar las palabras contributivas de la variable *adulto con conocimiento*: **rueda, todo, una, movimiento, vuelta, hacia, puede, hace, ahora, muy, y**. Notamos que este grupo utiliza palabras similares al Grupo léxico asociado a la modalidad Adulto con Líneas: **vuelta, una, todo, ahora**, y confirmamos que en las respuestas modales estas familias mencionan la dirección (*Giran en dirección contraria.// Mira, tu haces girar a esta hacia aquí y la segunda gira hacia allí*) la transmisión de movimiento (*Esto es para invertir el movimiento*) y a la velocidad (*La pequeña completó una vuelta y la grande media vuelta // Por cada vuelta que hace la grande, la pequeña hace dos*), focalizando su atención en la interacción de dos ruedas, haciendo referencia a contenidos de mayor complejidad conceptual y utilizando a las líneas como *affordances* cognitivos para el conteo. Revisamos estos datos a la luz de las conductas de video.

7.3.2.3 Análisis de datos de video

Resumen de las conductas observables en los videos - En un primer paso se determinaron las categorías observables e informativas de las interacciones de padres y niños en el módulo. Varias categorías fueron reagrupadas, otras fueron anuladas, debido a la dificultad de definir las de manera inequívoca o a su carencia de valor informativo y discriminante. Para la *Mesa de las ruedas dentadas* son incluidas aquellas conductas que se relacionan con la velocidad y la dirección del movimiento. Conductas orientadas hacia el funcionamiento del sistema, como desplazar imanes, desplazar ruedas, juntar ruedas, usar la cremallera para acompañar el movimiento de una rueda o para frenar el sistema, no fueron incluidas en este análisis. Específicamente, fueron consideradas las conductas que indicaran una actitud epistémica destinada a comprender el estado del módulo o a mostrar el estado del módulo a otro integrante de la familia.

Las conductas elegidas fueron las de: Separar dos ruedas, cambiar la configuración de todas las ruedas, contar, señalar, hacer gestos de rotación, unir líneas, leer carteles. Se registraron por separado las conductas de los padres, y las de los niños. La presencia de varios niños en la interacción no afectó la ocurrencia de las conductas inspeccionadas. Las conductas elegidas fueron registradas para padres y niños por separado con el objeto de contrastar estos análisis con los resultados de los análisis textuales. En una segunda etapa se realizó un proceso de Fiabilidad

Interjueces para la definición estricta de los criterios. Diez casos (de un total de 40 familias) fueron analizados por dos juezas independientes. El índice de acuerdo entre ambas se calculó con el índice Kappa, con resultados de 0.737 a 1., considerado de bueno a muy bueno. A continuación, se registraron las frecuencias de las conductas. Observamos en la tabla 8 que no se registraron diferencias significativas en la frecuencia de las conductas en las diferentes situaciones, o sea que hallamos conductas que podemos llamar epistémicas en mayor o menor medida en las 4 situaciones experimentales (**RD1 con líneas sin cartel, RD2 sin líneas sin cartel, RD3 con líneas con cartel, RD4 sin líneas con cartel**).

	Separar		Contar		Señalar		Gestos rotación		Cambiar configuración		Leer carteles		Unir líneas	
	P (n=10)	N (n=10)	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N
RD1 (n=10)	3	1	2	-	8	2	5	-	4	-			4	1
RD2 (n=10)	2	3	2	-	7	6	1	-	-	3				
RD3 (n=10)	3	3	1	-	8	4	3	-	2	1	4	-	2	3
RD4 (n=10)	5	3	-	-	7	4	3	-	2	3	5	1		
Total (n=40)	13	10	5	-	30	16	12	-	8	7	9	1	6	4

Tabla 7.10- Conductas de los padres y los niños en RD1 con líneas sin cartel, RD2 sin líneas sin cartel, RD3 con líneas, con cartel, RD4 sin líneas con cartel

Es importante señalar que algunas conductas epistémicas indican una actitud más analítica de los visitantes, como separar dos ruedas y contar e indicar gestos de rotación. En las *Mesa de las ruedas dentadas* identificamos actitudes analíticas al separar dos ruedas. Esta conducta fue demostrada por el 32% de las familias. Al considerar solo los gestos de señalar, que indican una actitud analítica o en todo caso una focalización de la atención, el 75% de las familias señalan elementos en el sistema de ruedas. Al realizar un análisis de las conductas epistémicas de los padres con conocimiento previo (aquellos que conformaron el corpus del análisis léxicométrico) encontramos diferencias significativas particularmente en la acción de contar ($U(16) = 132.00, p < .005$), señalar ($U(16) = 120.00, p < .05$) y en los gestos de rotación ($U(16) = 115.00, p < .01$), lo que corrobora los datos de los análisis anteriores.

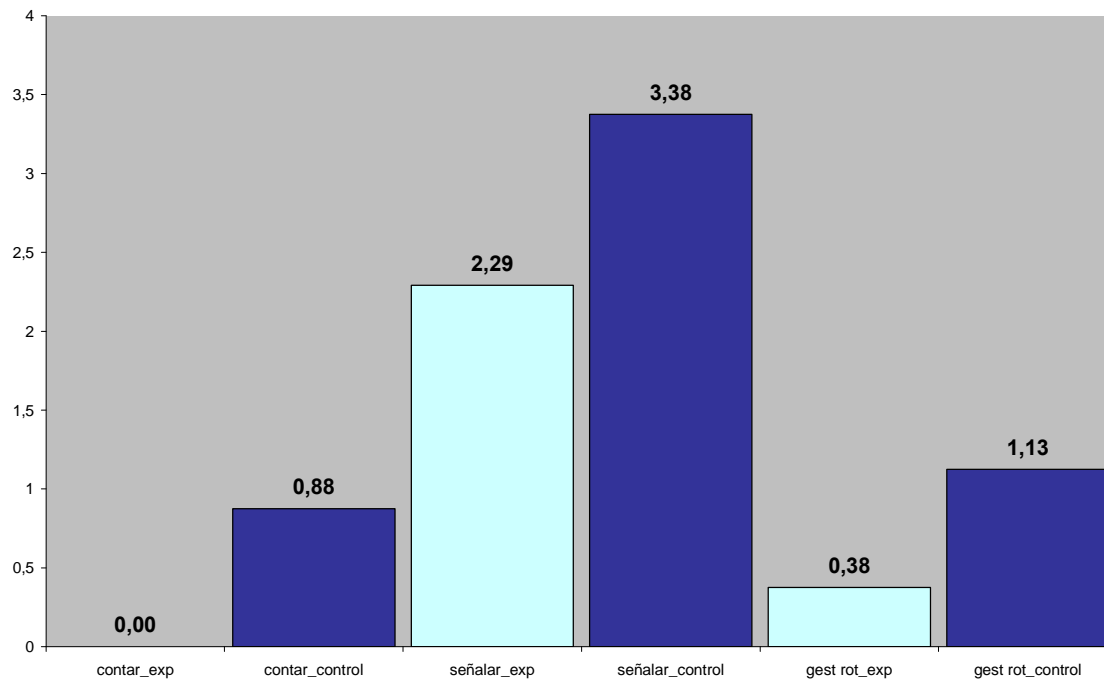


Figura 7.6 Categorías de conducta que resultaron significativas por situación.

La acción de contar fue definida como contar vueltas completas o medias vueltas, en general acompañada de la enunciación en voz alta del resultado de la cuenta. El conteo se ve acompañado en ocasiones por la acción de sostener el dedo sobre una línea o sobre un punto. En esta conducta se encontraron diferencias significativas entre los padres y los niños ($t(39) = 2.36 p < .05$). Los padres parecen apoyar y coordinar la acción de contar; si bien los niños son partícipes de esta actividad y focalizan en ella su atención, son los padres los que la dirigen. Recordamos que no solo los padres de la situación con líneas cuentan, ya que esta conducta fue registrada también en la situación control. En una observación más detallada se observa que los padres de la situación control "improvisan" marcas en la ruedas (por ejemplo, la pintura saltada en una rueda) para efectuar la comparación de las velocidades y el conteo de las vueltas. La conducta de señalar fue definida como indicar con la mano algún elemento o proceso. En general esta conducta se ve acompañada por una explicación o por la invitación explícita dirigida a algún otro miembro de la familia a mirar o realizar una acción. No incluimos en esta categoría la señalización que acompaña al conteo, la señalización que no tuviera un referente identificable (por ejemplo: señalar "retóricamente" con el dedo indicando hacia

arriba) y el seguimiento del texto durante la lectura de carteles. Los gestos de rotación incluían indicar con un dedo o con la mano un movimiento curvilíneo. Cada movimiento asociado a una rueda u otro elemento es considerado como una ocurrencia. No se consideran los movimientos curvilíneos no asociados a elementos particulares. Estos gestos se asociaban en general a cadenas de tres o más ruedas dentadas y no solo a dos ruedas adyacentes. Por último, es importante aclarar que solo un 50% de los padres leen los carteles.

Definimos el acto de cambiar configuraciones, a la acción utilizar las ruedas para armar una configuración distinta de la inicial. Cada cambio de configuración de por lo menos 5 ruedas unidas es considerado como una ocurrencia. Dos configuraciones son consideradas diferentes si la ubicación de por lo menos dos ruedas es distinta. Con esta conducta intentábamos registrar si los visitantes se plantean metas globales al interactuar con el módulo. Esta conducta se manifestó en solo un 27,5 % de las familias y será detallada en el análisis de un caso en profundidad. La acción de separar elementos fue definida como utilizar dos o tres elementos, separados del resto (ruedas dentadas, rueda dentada y cremallera, rueda dentada y borde de la mesa), focalizando la acción en ellos. Se cuenta como ocurrencia cada una de las configuraciones distintas armadas. Si los individuos hallan una configuración y controlan cómo funciona, no se considera una ocurrencia. Al no encontrar diferencias entre los padres y los niños, interpretamos que la intención de focalizar la atención en la interacción entre dos ruedas, se manifiesta en padres y niños. La acción de juntar líneas fue definida como juntar las líneas amarillas de dos ruedas diferentes. Contamos como ocurrencia el juntar dos ruedas expresamente y el hacer girar las ruedas para que dos líneas coincidan (en el caso de que el visitante haya armado dicha configuración). Esta conducta fue manifestada en un 40% de las familias de la condición experimental. O sea, que no todas las familias que encontraron las líneas a su disposición, las unieron. De las familias que unieron las líneas solo una minoría las utiliza para contar vueltas o seguir el movimiento de rotación.

Registro de patrones de actuación Definimos anteriormente los patrones de actuación como los comportamientos típicos que exhiben los participantes en un

determinado segmento de interactividad en función de los roles que asumen en él y de los condicionamientos que impone la estructura de participación social y de la tarea en cuestión (Coll y Rochera, 2000). Los patrones de actuación que definimos en nuestro estudio se configuraron a partir de la interpretación de los datos obtenidos de las conversaciones y las interacciones. Definimos anteriormente cada patrón de actuación relacionándolo con los datos aportados por las investigaciones en museos. Presentamos en esta sección ejemplos de cada patrón de actuación, el sujeto que lo manifiesta (sean los padres, los niños o ambos), los contenidos de estas actuaciones y su desarrollo posterior.

INVITAR A VER -_Al definir este patrón de actuación nos basamos en la definición del Habla Perceptiva (Allen, 2002). Esta categoría incluye toda interjección en la que los visitantes indican algo que les llama la atención. Estas frases son evidencia del acto de identificar y compartir algo significativo con otros miembros de la familia a partir de un entorno complejo. El Habla Perceptiva incluye frases en las que los individuos identifican, (**mira esto**) nombran (**Son ruedas dentadas**), o mencionan una característica (**¡qué grande es!**).

Observamos el patrón de invitar a ver en niños que hacen comentarios sobre su propia actividad o en padres que hacen comentarios sobre la actividad de sus hijos.

N **Ésta aquí no la puedo mover, Ves, que ésta, aquí ésta, ves ahora.**

N **Momento, quiero hacer.**

P **¿Allí? ¿Ves cómo van en dirección contraria?**

N **Ves, sin moverla, Mamá, mira cómo lo ordené. Mamá.**

P **Muy bien, ésta que tú haces girar, gira así, ésta gira así, así.**

P **Los muebles, todos se mueven. Ah, todo se mueve. ¿Viste?**

Padres y madres llaman la atención sobre una característica del sistema o de la transmisión del movimiento.

M **Fijate, tú la haces girar para este lado, ésta gira hacia el otro lado, y ésta gira en dirección...**

P **Mira, mira cómo todas giran. Yo hago girar una y todas giran. Se mueve.**

M **No llega, ves los dientes no giran.**

Padres y niños orientan la atención de los otros miembros de la familia sobre elementos que no han sido incorporados en el sistema de ruedas.

- M **¿Qué hay con ésta?**
M **¿Ésta también debe estar?**
P **Ésta lo frena.**
N **¿Y que hay con ésta?**
M **¿Ésta?**
P **Parece que no se necesita poner todo.**

Este llamado de atención es, en ocasiones, seguido por una explicación.

- P **Fíjate cómo la subo y lo bajo. La coloco un momento en el medio. Presten atención ahora, arriba abajo. Momento, momento, momento.**
M **Déjalo trabajar a papá un momento.**
P **Arriba abajo.**
M **XXX, Ven a ver algo**
P **¿Qué me pasa? Movimiento arriba abajo puede producir movimiento giratorio. Lo movemos hacia arriba y hacia abajo.**
M **Mueve todas las ruedas.**
P **Un movimiento hacia arriba y hacia abajo produce movimiento giratorio en el borde de la rueda.**

CONTAR es definido como la enumeración de algo o la comprobación del número de cosas que forman un conjunto. La cuantificación de las unidades y la medición de las magnitudes, permite hacer comparaciones entre variables. Los padres plantean el conteo de las vueltas de una rueda pequeña y una rueda grande. En algunos casos cuentan los padres y en otros los niños.

- P **Mira ahora. Vamos a ver algo lindo. ¿Ves esto? Ésta aquí. Ahora ésta hará una vuelta completa ¿cuántas hizo ésta?**
N **Una vuelta**
P **Todavía no completó una vuelta. Ahora hizo dos vueltas. Y ésta hizo una vuelta. Y ¿cuántas hizo esta?**
N **Dos.**
P **Dos. Por el movimiento de la rueda. Ahora haremos algo así. Yo tomaré ésta, momento aún no. Así, así, haz girar a ésta. Vamos a ver ahora algo así, vamos a ver qué pasa ahora. Ésta señala hacia aquí verdad, ¿ésta hizo ya una?**
N **Sí.**
P **Sí y ahora dos. Ésta hizo una y ésta hizo dos. Bueno vamos.**
- P **Tomemos ésta, ésta y ésta. Empecemos por algo simple, ésta y ésta ahora. Presta atención cuántas vueltas hace, cuántas vueltas hace la rueda azul, por cada vuelta de la rueda roja. Vamos a colocar la rueda roja aquí y la azul aquí. ¿De acuerdo? Una vuelta de la roja. ¿Una vuelta cuántas hace la azul?**
N **Media.**
P **Otra vuelta.**

En algunos casos el conteo viene seguido de una generalización.

- N **¿Esto quiere decir que la rueda ésta es la mitad de la rueda ésta?**
P **Esto quiere decir que la circunferencia de la rueda roja es exactamente la mitad de la circunferencia de la rueda azul.**
N **No es la mitad.**
- P **Momento, momento. Vamos a unir, mira un momento. ¿Qué pasa aquí? A propósito unimos la lengua amarilla. Vamos a ver cuántas vueltas hará la rueda pequeña, cuando la rueda grande haga una vuelta. Aquí una, hizo una. Espera un momento. Hizo exactamente dos. Es decir el contorno de esta rueda dentada es más grande que el de la rueda dentada pequeña dos veces exactamente. Por cada vuelta que hace la grande, la pequeña hace dos.**
N **Ah, espectacular**

COMPARAR es fijar la atención en dos o más objetos para descubrir sus diferencias o semejanzas. Este patrón de actuación ha sido mencionado en el modelo de Barriault (1999) como una de las conductas de participación prolongada.

En ocasiones cuando los visitantes hallan dificultades para armar el sistema, comparan el tamaño de las ruedas, apilándolas unas sobre otras.

- N **Dame todas las ruedas. Un momento.**
P **Aquí están todas las rojas.**
N **¿Esta es roja?**
N **Todas son del mismo tamaño, papá. No, la de abajo es la más grande.**

Se comparan asimismo las velocidades de rotación y la dirección del movimiento

- P **Aquí hay una rueda dentada. Pondremos una rueda dentada grande y unimos a su lado una pequeña. Y entonces cuando la pequeña gira, la grande gira despacio y la pequeña mucho más rápido.**

Se comparan también las direcciones de ruedas adyacentes

- P **¿Te acuerdas que cada una gira en dirección contraria? Mira, tú haces girar ésta hacia aquí y la segunda gira hacia allí. Mira, es opuesto.**

En algunos casos la comparación antecede a la explicación.

- N **Vamos sigamos**
M **Qué dices, pruébalo. Qué buena idea, hagamos girar una grande y una pequeña. Gira una grande y una pequeña y después seguimos.**
P **XXX, mira.**
M **Déjalo solo. ¿Cuál gira más rápido? Mira. Ya está.**
P **Gira la rueda pequeña, ¿cuál gira más rápido?**
M **¿Por qué?**
N **Porque tiene huecos más pequeños.**
P **Porque tiene menos huecos.**

M **Tiene menos huecos, la que tiene menos huecos es más rápido.**

EXPLICAR es un patrón de actuación definido como dar a conocer la causa o el motivo de algún fenómeno o acción. En la *Mesa de las ruedas dentadas* encontramos:

Explicaciones analógicas- aquellas en las que un objeto o fenómeno es como otro.

P Es como el sol y los planetas.

Explicaciones basadas en principios – aquellas en las que las familias se refieren a un principio organizador de la ciencia.

P **Sabes tú dónde se utiliza, XXX, ése se puede utilizar para movimiento rectilíneo. Ahora mira, y si nosotros queremos mover los ruedas dentadas ¿Cómo podemos, para moverlo de esta manera?**

N **Ah.**

P **Correcto. Es decir no se necesita moverlo en círculo, se puede utilizar un movimiento rectilíneo horizontal.**

N **Espectacular.**

Explicaciones causales -

P **Ésta es una rueda dentada, ¿saben uds. qué es? Una rueda, ves tú esta rueda, alrededor, alrededor. ¿Sabéis por qué? Porque están unidas por los dientes.**

M **No, ésta no puede porque es en dirección contraria. Ésta y ésta se frenan, Ésta quiere girar hacia allí y ésta.**

P **La pequeña gira más rápido en poco tiempo porque la más grande tiene más dientes, mira XXX.**

Explicaciones de procesos - explicitación de las secuencias (no de las causas) que están involucradas en el fenómeno.

P **¿Qué, sabes tú cómo funcionan las ruedas dentadas? Así funcionan las ruedas dentadas de un reloj, de un camión. Ésta toca los dientes de ésta, ésta empuja a ésta, ésta empuja a ésta.**

M **Pónlo aquí. Así cada una gira a la otra, así funciona el auto también, así giran los frenos y después se detienen.**

Este tipo de explicaciones en ocasiones es brindado por los niños.

- N **Funciona. Mamá. ¿Sabes cómo funciona?**
M **¿Cómo funciona?**
N **Mamá, las ruedas dentadas así se entrelazan y entonces mira, si hacemos girar una rueda dentada, las ruedas se entrelazan así y entonces mueven, como si movieran unas a las otras.**
M **Muy bien.**

LEER CARTELES – Conducta definida como lectura en voz alta o la fijación de la mirada en el cartel explicativo del módulo. Los padres son los que leen los carteles explicativos, en ocasiones leen en voz alta, y repiten con sus palabras las preguntas y propuestas de los carteles (los textos de los carteles se anotan en *cursiva*).

- M *Hacer girar una rueda pequeña con una rueda grande. ¿Cuál de ellas gira más rápido? ¿Cómo es posible mover una rueda grande con una rueda pequeña? ¿Cuál de ellas gira más rápido? ¿La grande o la pequeña?*
N (Hace girar la rueda pequeña) **La pequeña.**
M **Correcto la pequeña.**
N (Hace girar la rueda grande) **Y ahora la grande.**
M **¿Y ahora la grande? Mira los dientes.**

En una ocasión un niño lee el cartel, controlando el ritmo de la actividad.

- N **Papá. Escucha.** *Hacer girar una rueda pequeña con una rueda grande. ¿Cuál de ellas gira más rápido?*
M **No es obligación una grande y una pequeña, se debe hacer dos juntas.**
P **La pequeña gira más rápido en poco tiempo porque la más grande tiene más dientes, mira XXX.**
N **Vamos sigamos**
M **¿Qué dices?, ¡pruébalo! ¡Qué buena idea!, hagamos girar una grande y una pequeña. Gira una grande y una pequeña y después seguimos.**

7.3.2.4 Análisis de una familia en detalle

Para realizar el análisis de un caso en profundidad elegimos a una de las familias prototípicas seleccionadas por el programa SPADT en el análisis de lexicometría de las familias con líneas, estableciendo secuencias de significado, categorías de actuación (Coll y Rochera, 2000) y los mensajes explicitados. La familia está compuesta por un padre, una madre, una niña de seis años y un niño de 2. El tiempo de interacción es de 4.31 minutos compartidos, sin contar la pausa entre una secuencia de interacción ni el tiempo que la niña permanece posteriormente interactuando con el módulo (3.10 minutos adicionales). En un primer momento la niña se acerca al módulo y comienza a manipular los elementos, intentando adosar los dientes de la cremallera a la rueda grande.

Niña (6)	Padre	Madre
1. Papá, ven, veamos qué es esto. (Junta la cremallera a la rueda grande, levanta una rueda pequeña, quedando el eje adosado a la mesa.)	2. ¿Qué es esto? (Hace girar una rueda pequeña. Al girar ésta, giran las otras tres ruedas adosadas a ella en un circuito cerrado.)	
3. Yo tampoco sé. (Mueve el sistema de cuatro ruedas que movía el padre.)	4. Ah, son ruedas dentadas en muchos tipos de máquinas.	(Inaudible.)

En esta primera aproximación se examinan los elementos del módulo, los miembros de la familia se interrogan unos a otros sobre la naturaleza del módulo mientras inspeccionan los distintos elementos: la cremallera, las ruedas intercambiables, los ejes adheridos a la mesa). El padre menciona que son ruedas dentadas relacionándolas con elementos de la vida cotidiana.

Niña (6)	Padre	Madre
5. Hay que mover. (Mueve la rueda grande, mueve la rueda pequeña, alternadamente, las ruedas no están unidas.)	(Dirigiéndose a la madre.) 6. ¿Qué? Para ver cómo las personas reaccionan a los juegos y mejorarlos. (Empuja una rueda con su eje hacia el borde de la mesa.)	

La niña intenta hacer girar dos ruedas que no se hallan unidas, moviendo alternativamente una y otra. El padre ejerce fuerza sobre una de las ruedas, como para comprobar que es posible moverla, descubriendo así que los ejes son movibles y que permiten armar diferentes configuraciones. Simultáneamente el padre conversa con su esposa, aparentemente sobre el diálogo con la investigadora. En la secuencia siguiente, el padre y la niña concentran su atención en la comparación de la velocidad de la rueda grande y la rueda pequeña. Las líneas amarillas son combinadas para servir como punto de referencia en la comparación. Notamos que las líneas son usadas en diversas ocasiones para comparaciones subsecuentes.

Niña (6)	Padre	Madre
7. ¿Si yo hago...?	(Separa una rueda grande y una rueda pequeña. Orienta ambas líneas hace la derecha.) 8. Aquí hay una rueda dentada. Pondremos una rueda dentada grande y unimos a su lado una pequeña (hace girar la rueda grande). Y entonces cuando la pequeña gira, la grande gira despacio y la pequeña mucho más rápido. Mira. (Une las líneas amarillas.) Ponemos una frente a la otra (señala con el dedo las líneas amarillas unidas y hace girar despacio la rueda grande). La pequeña completó una vuelta y la grande media vuelta. (Señala las líneas amarillas, orientadas en ambas ruedas hacia la derecha. Gira la rueda grande, Sosteniendo el dedo sobre la línea amarilla.) Cuando termina una vuelta, la pequeña hace otra vuelta. (Frena el sistema) ¿Has visto?	
(La niña hace girar cinco vueltas el par de ruedas.)	9. Si ponemos una rueda dentada grande también aquí, (Adosa una rueda grande a la rueda pequeña), verás que las dos grandes hacen lo mismo. (Alinea las marcas amarillas) Cuando una hace una vuelta la otra hace una vuelta.	
(Gira la rueda grande y al girarla su dedo se queda trabado entre los dientes de las ruedas.) 10. Ey, ey		11. Cuidado con el dedo.

El padre invita a la niña a observar el fenómeno y acompaña la interacción con el enunciado del principio de la velocidad relativa. (**Y entonces cuando la pequeña gira, la grande gira despacio y la pequeña mucho más rápido.**). La niña mueve el sistema de ruedas girándolas a mayor velocidad varias veces. Al adosar la rueda grande, padre y niña mueven simultáneamente el sistema, quedando el dedo de la niña atrapado entre los dientes de las ruedas (por ser los ejes magnéticos, las ruedas se separan al encontrar un obstáculo sin ocasionar mayor daño).

Niña (6)	Padre	Madre
12. ¿Para qué es esto? (Levanta la cremallera.)	13. Giran en dirección contraria.	14. Hayque mover con esto (refiriéndose a la cremallera).
	15. Es posible con la mano.	16. Hayque mover con esto.
	17. Es muy lindo.	
18. ¡Mamá, mamá! (Señala un módulo contiguo. Toda la familia pasa al módulo del aire).		

En este pasaje la familia discute la función de la cremallera: la niña pregunta qué hacer con este elemento, la madre menciona que es para mover el sistema y el padre insiste en hacerlo con la mano. La función de la cremallera no queda clara. La familia abandona el módulo ya que les llama la atención un aparato cercano. El padre regresará cinco minutos después y su regreso atraerá al resto de la familia.

Niña (6)	Padre	Madre
	(Construye un sistema abierto con todas las ruedas. Cambia esta configuración, colocando la cremallera en el medio de la mesa y adosando las ruedas simétricamente a ambos lados.) 19. Fíjate cómo la subo y la bajo. La coloco un momento en el medio. Presten atención ahora, arriba abajo.	20. Déjalo trabajar a Papá un momento.
(La niña empuja una rueda grande, para adosarla al sistema que construye el padre.)	21. Momento, momento, momento. Arriba abajo. (Al mover el sistema con fuerza el sistema se desarma, el padre sostiene los ejes en su lugar con la mano.)	22. XXX, Ven a ver algo.
	23. ¿Qué me pasa? Movimiento arriba abajo puede producir movimiento giratorio. La movemos hacia arriba y hacia abajo.	24. Mueve todas las ruedas.
	(Construye un sistema abierto con la cremallera en el centro y dos ruedas de un lado y tres del otro.) 25. Un movimiento hacia arriba y hacia abajo produce movimiento giratorio en el borde de la rueda (hace un gesto de rotación indicando el movimiento de la rueda grande del extremo).	26. Falta una rueda dentada.
	27. ¿Qué? (Adosa la rueda pendiente, a la cremallera. Indica con el dedo un gesto de rotación.) ¿Qué? No va andar, se va a frenar en los dientes.	

Instigado por la madre, el padre intenta utilizar todas las ruedas. Al adosar la última rueda y acercarla a la cremallera, la rueda se frena con otra. Al mencionar que "se va a frenar en los dientes" gesticulando con el dedo el movimiento de la rueda, el padre explicita que no basta adosar las ruedas, sino armar sistemas que permitan la transmisión de movimiento sin obstruirlo.

Niña (6)	Padre	Madre
(La niña intenta tomar una rueda roja.)	28. Momento, momento. Estoy haciendo algo, sí se necesita.	
29. Papá me molesta.	30. No es verdad, no lo hagas, ya te doy todo. (Arma el sistema con la cremallera en el centro y dos dispositivos simétricos cerrados de tres ruedas a cada lado) ¿Ves arriba y abajo? Ahora tú.	31. ¡Que lindo! Papá lo hace girar con la manija verde.

Por último, la niña intenta construir algo pero el padre aún no ha logrado su objetivo: construir dos sistemas cerrados simétricos que le permitan hacer andar el

sistema moviendo únicamente la cremallera. Finalmente lo consigue, demostrando de esta manera el principio de conversión de movimiento rectilíneo a giratorio. A continuación, el padre abandona el módulo. La niña se queda trabajando y durante tres minutos, desarma la configuración armada por el padre y construye su propio sistema con la cremallera en el centro y dos ruedas a cada lado. Al concluir, llama a su madre, quien le incentiva a incluir todas las ruedas en el sistema.

Niña (6)	Madre
32. Mamá, mira. Mamá.	33. Puedes aun adosar dos más.
(La niña incorpora las ruedas restantes a su sistema).	

Resumiendo, en esta interacción podemos ver:

- el *progresivo descubrimiento de los affordances y las restricciones del módulo* (las ruedas intercambiables, los ejes magnéticos movibles, las líneas en las ruedas, la cremallera).
- la *creciente explicitación de los contenidos* (relación con lo cotidiano, contacto de las ruedas, movimientos contrarios en ruedas adyacentes, conversión de movimiento rectilíneo a giratorio, relación de tamaño y velocidad).
- *conductas* (separar dos ruedas, contar, señalar, cambiar la configuración, y unir las líneas) y *actitudes epistémicas* (invitar a ver, contar vueltas, comparar las velocidades de las ruedas y explicaciones) manifestadas.

Este análisis detallado nos permite corroborar la función de las representaciones externas en el módulo: las líneas en las ruedas funcionan como referentes espaciales que estructuran la tarea y permiten el cómputo, siendo punto de referencia para la comparación de las velocidades en más de una oportunidad durante la interacción. Subrayamos, sin embargo que no es suficiente unir las marcas de las ruedas, actividad que también realizan los niños en algunas interacciones, sino que la tarea de comparar velocidades debe ser definida como tarea durante la interacción, ya sea por conocimiento previo de los padres o por estar referida en los carteles explicativos. En este caso, los carteles explicativos no se hallaban disponibles para esta familia ya que ellos pertenecen a la condición sin carteles. Aun así los contenidos

del módulo fueron explicitados por el padre que mencionó en la entrevista posterior que de niño jugaba con ruedas dentadas.

Agregamos consideraciones relevantes a la interacción de la familia frente al módulo. Podemos percibir la intención del padre de jugar con el módulo, construir algunas configuraciones sobreponiéndose a los obstáculos que el módulo presenta. Junto con esto el padre intenta demostrar a su hija principios relativos a las ruedas dentadas. Observamos que la niña por su lado también formula sus propias metas frente al módulo, las que en ocasiones interfieren con las del padre. Vemos en esta interacción un ejemplo del choque de distintas agendas durante la visita a un museo. En esta familia incluso la madre manifiesta su propia definición de las metas al insistir en la utilización de la cremallera y la incorporación de todas las ruedas al sistema. Una segunda observación se relaciona con la permanencia de la niña en el módulo. Como ya hemos mencionado, los niños en general interactúan más tiempo con el módulo en la medida en la que los padres están presentes. En este caso, la permanencia de la niña durante tres minutos en el módulo, parece indicar que también ella poseía una meta clara para llevar a cabo, específicamente en lo relacionado al uso de la cremallera como origen del movimiento.

7.4 DISCUSIÓN

¿Es posible identificar niveles de explicitación de los contenidos en un mismo módulo? ¿Cuál es la relación entre contenidos explicitados y carteles explicativos? ¿Cómo afecta el conocimiento previo de los visitantes en la interacción con el módulo? En este estudio se revisaron las características de los módulos interactivos en un museo de ciencia que apoyan la explicitación de los contenidos del módulo (la *Mesa de ruedas dentadas*) en situaciones de interacción de padres y niños. Se investigaron particularmente dos tipos de representaciones externas para apoyar contenidos relacionados con la dirección y la velocidad: los carteles explicativos y las líneas en las ruedas. Los resultados del estudio muestran que no hubo diferencias en el tiempo de interacción de padres y niños frente a los módulos en las distintas situaciones (**RD1 con líneas sin cartel, RD2 sin líneas sin cartel, RD3 con líneas con cartel, RD4 sin líneas con cartel**). En un análisis lexicométrico en el que

analizamos los textos conjuntos de los padres en las situaciones con líneas y sin ellas se encontraron diferencias significativas relacionadas al uso de numerales y a las secuencias de actividad. Al analizar los textos conjuntos de los padres en las situaciones con y sin carteles explicativos se registraron referencias a conceptos como *dirección y velocidad*, conceptos mencionados en los carteles. Por último, al analizar el corpus de los padres con conocimientos previos se encontraron diferencias en cuanto a la mención de contenidos relacionados con el número de vueltas y a la transmisión de movimiento. En un análisis de categorías, se identificaron las conductas epistémicas de padres y niños frente al módulo. Los adultos del grupo con conocimiento previo mostraron diferencias significativas en la conducta de contar, señalar y en los gestos de rotación.

Organizamos la discusión de los resultados en tres secciones haciendo referencia a los contenidos explicitados, las conductas realizadas y su relación con las características del módulo:

- Niveles de contenidos explicitados
- Conductas epistémicas de padres y niños
- Las representaciones externas como *affordances* cognitivos: Contar, comparar, matematizar.

7.4.1 Niveles de contenidos explicitados

Al mencionar contenidos relativos al movimiento de las ruedas mencionados por los visitantes (entre ellos la transmisión de movimiento, el movimiento en direcciones contrarias en ruedas adyacentes, la mención del movimiento rectilíneo, y el acto de frenar) los visitantes en su mayoría, articulan la explicación mecanicista, explicación que utilizan los padres en la interacción con sus hijos. Metz (1991) menciona tres tipos de explicaciones en la categoría mecanicista: 1) la acción de una rueda que mueve todas las ruedas, 2) el registro de la transmisión del movimiento y 3) la interacción entre ruedas. Logramos identificar particularmente los primeros dos tipos de explicaciones (**Si tú mueves uno se mueven todos// Ésta mueve a ésta otra, y ésta a aquella**). Nos interesa relacionar estos contenidos con las tareas del módulo, generalmente referida como habla estratégica (Allen, 2002) y "menospreciada" por

carecer de contenido. Nuestro análisis nos permite afirmar que algunos contenidos aluden a estrategias de uso (siendo las instrucciones mencionadas por los visitantes o enunciadas en los carteles). Frases como - **Se debe hacer algo aquí y todas van a girar, unas a otras; //se debe hacer girar a ésta para que ésta haga girar a la otra, que haga girar a la otra** - reflejan contenidos relevantes para "hacer funcionar" el sistema de las ruedas dentadas. En otras palabras, la explicitación de los contenidos no se observa exclusivamente en el habla conceptual, relacionado con predicciones e inferencias sino que se manifiesta en el habla estratégica referida al uso del módulo. La misma explicitación de la tarea conlleva la explicitación de los contenidos. El tiempo para "hacer andar" el sistema es una actividad con contenido: para hacer funcionar el sistema es necesario identificar los elementos del módulo, identificar la función de los ejes magnéticos movibles, confirmar la utilidad del eje para fijar las ruedas (ya que de otra manera el sistema se desarma), ejercer fuerza en distintos lugares del sistema (mover las ruedas pequeñas o las grandes) para ver el efecto en la transmisión del movimiento e identificar las razones por las que el sistema se traba o no transmite el movimiento a todas las ruedas.

Nos interesa señalar particularmente el elemento de frenar el sistema. Interpretamos que las familias que identifican estos elementos manejan los conceptos de la transmisión de movimiento y sientan las bases para las concepciones de la interacción de las ruedas. Identificar que el sistema "se frena" puede reflejar la concepción implícita de la transmisión del movimiento. Para que el sistema funcione el movimiento debe pasar de una rueda a otra sin interferencias. Cuando incorporamos la representación externa de elementos que frenan el movimiento invitamos a una redescipción: no basta que las ruedas estén unidas (concepción de conexión según Metz (1991), sino que el pasaje de movimiento no sea interferido. Recordamos la distinción de los niveles de información en las representaciones externas, mencionados por Postigo y Pozo (2004). En el caso de las ruedas dentadas la información implícita pudo ser verbalizada en las situaciones en las que un obstáculo impidió la transmisión de movimiento.

Algunos contenidos, particularmente los relacionados con la transformación del movimiento lineal al giratorio, no son mencionados en los carteles explicativos,

pero sí representados externamente en la cremallera. Dada la complejidad de estos contenidos, utilizamos esta categoría para conformar el grupo de los padres con conocimientos previos. El conocimiento previo de los padres parece jugar un papel preponderante: Schauble *et al.* (2002) mencionaba que los padres no interpretaban los resultados de las investigaciones con sus hijos aun cuando conocían los contenidos: Nuestros datos no confirman esta afirmación ya que tenemos evidencias de la influencia del conocimiento previo en la explicitación de determinados contenidos. Podemos afirmar entonces que los conocimientos previos de los padres les permitieron reconocer los *affordances* cognitivos y utilizarlos en la actividad con sus hijos. Con respecto a la velocidad, las concepciones que involucran interacciones y sistemas exigen la redescrición de los contenidos y el pasaje de una visión causal simple a una visión de interacciones en sistemas (Pozo y Gómez Crespo, 1998). La atención a aspectos matemáticos en los sistemas permite registrar y simbolizar regularidades (Leher y Scahuble, 1998). La integración de ambos aspectos - el matemático y el mecanicista - implica una redescrición representacional en relación a la dirección y la velocidad. Observamos entonces que dentro de la concepción mecanicista, los diferentes niveles se logran a través del aumento y el ajuste (Pozo, 2003), a través de la diferenciación y la descomposición (Metz, 1991), o a través de la detección de regularidades que se consolidan en representaciones (Dixon y Kelley, 2007). Los padres que utilizan las representaciones externas del módulo en su interacción con los niños parecen apoyar el ajuste de conocimientos de los niños: la presencia de las líneas permite a los padres con conocimiento explicar y llamar la atención sobre elementos conocidos por ellos; la presencia de los carteles permite a padres sin conocimientos previos centrarse en la transmisión de movimiento e identificar situaciones en las cuales el movimiento se frena.

Sin embargo, no registramos un cambio o revisión de las concepciones de los padres. La *Mesa de las ruedas dentadas*, si bien permite armar sistemas cerrados como los utilizados por Dixon y Bangert (2002), no cuenta con referencias y representaciones externas que privilegien la revisión. Registramos que el 25% de las familias mencionó la dirección y que en esta misma proporción se registraron gestos que indican la dirección de giro, siendo estas conductas frecuentes en el grupo de padres con conocimientos previos. Solo en el caso del freno intuimos un ajuste ya que

los padres que se encuentran con situaciones de bloqueo del movimiento explicitan estos contenidos.

7.4.2 Conductas y actitudes epistémicas de padres y niños

Al establecer las conductas informativas del contenido identificábamos las siguientes: Separar dos ruedas para trabajar sobre ellas, cambiar la configuración de todas las ruedas, contar, señalar, hacer gestos de rotación, unir líneas, leer carteles. Como ya hemos mencionado, buscamos aquellas conductas epistémicas destinadas a mejorar la cognición, cambiando el estado computacional del agente (Kirsh y Maglio, 1994). Las acciones epistémicas pueden estar relacionadas con la percepción, el control, las pruebas y las verificaciones (Lorini y Castelfranchi, 2004). Entre las acciones estudiadas, algunas muestran una orientación más global (cambiar de configuración) y otras sugieren una actitud analítica (separar dos ruedas, señalar, contar). Los gestos de rotación y los de señalar apoyan, en ocasiones, funciones didácticas de los padres a los hijos y en otras, de los niños a los padres. Nos interesa concentrarnos en las acciones analíticas. Insistimos en este punto ya que también en el módulo de los espejos habíamos identificado actitudes globales y analíticas. Al ser estas acciones desplegadas por lo menos en un tercio de las familias en el caso de las ruedas dentadas podemos concluir que algunos elementos del módulo apoyan una actitud analítica, referida en el análisis funcional.

Podemos definir los módulos interactivos como situaciones problema (Simon y Hayes, 1979): Padres y niños encuentran desafíos en una primera aproximación frente al módulo, por ejemplo: en el análisis del usuario la meta que los visitantes se proponen es hacer andar el sistema, investigando qué se mueve y qué queda fijo. En un segundo paso y en función de las características del sistema, es posible optar por un cambio global o por una actitud analítica que permita concentrarse en la interacción de dos ruedas, definiéndose metas relacionadas con la manipulación de variables. Queda por determinar cuál es grado de libertad óptimo en un museo ya que, como ya hemos mencionado, existe una relación inversa entre el grado de

estructuración del módulo y el grado de aportación del sujeto (Allen, 2004; Peppier y Ross, 1981). Aun así, las propuestas de los padres tendrían un valor demostrativo ya que identifican las características relevantes a la tarea (Keehner, et al., 2008).

Retomando una de las dicotomías mencionadas en el prólogo de esta tesis en la que contraponíamos la actitud exploratoria de los hijos con la actitud didáctica de los padres: recordamos que los padres deben instantáneamente, y muchas veces a lo largo de una visita, aprehender cada nuevo módulo, descifrar las instrucciones, guiar a los niños hacia las experiencias claves, interpretar la experiencia por sí mismos, traducir el significado para sus hijos, confirmar el resultado y realizar los ajustes necesarios para apoyar el aprendizaje de los niños (Allen, 2004). Entendemos que la exploración de los niños, y la de los padres, puede ser orientada en un primer momento a controlar los límites del fenómeno y los cambios de la configuración en las ruedas dentadas, para posteriormente apoyar conductas analíticas, identificadas en los patrones de actuación como contar, comparar y explicar.

7.4.3 Las representaciones externas como *affordances* cognitivos: Contar, comparar, matematizar.

I believe that working with differentials did more for my mathematical development than anything I was taught in elementary school. Gears, serving as models, carried many otherwise abstract ideas into my head.

Seymour Papert, 1980, xviii

Considerar los aspectos matemáticos que permitan registrar y simbolizar regularidades impone exigencias de cómputo pero, por otro lado, permite la redescipción en términos cuantitativos. Recordamos que en el proceso de redescipción intervienen diferentes lenguajes que posibilitan el acceso, análisis, uso diferencial y la modificación de las representaciones de las personas. El lenguaje matemático apoya la redescipción a través de la caracterización numérica de las unidades de significado, posibilitando su comparación y el establecimiento de regularidades. Mencionamos los conceptos de *matematizar*, utilizado en la enseñanza de las matemáticas en la escuela, para definir la necesidad de apoyar la actividad de modelar y estructurar la realidad usando herramientas matemáticas. *Matematizar* conlleva obtener más claridad, certeza, exactitud y brevedad. En el marco de la

educación formal, los niños establecen relaciones y los cuantifican usando "anteojos matemáticos" apoyados por sus experiencias anteriores, o a través de conversaciones con pares o con adultos (Teubal y Shefi, 2006). Parecería ser que la interacción con las ruedas dentadas no apoya la matematización de las relaciones en los adultos sin conocimientos previos, ya que la redescrición a través del cómputo no fue identificada por los visitantes. Para utilizar los "anteojos matemáticos" se deber registrar los *affordances* cognitivos de las representaciones externas del módulo que inviten a la formalización de las relaciones implícitas y conceptuales en los módulos.

Las marcas agregadas son representaciones externas que subrayan la estructura básica del módulo. Como identificamos a través del análisis funcional, la estructura básica de las ruedas dentadas incluye de forma implícita las relaciones entre la velocidad, la fuerza y la dirección en ruedas dentadas de diferente tamaño. Las representaciones externas fueron diseñadas para focalizar la atención a variables de dirección y velocidad y ofrecer puntos de apoyo para el cómputo y la cuantificación. En función de los resultados obtenidos identificamos algunas representaciones externas más fácilmente reconocidas por la mayoría de las familias y otras más sutiles, particularmente las relacionadas con la velocidad que fueron inspeccionadas por visitantes con conocimientos. Unir las líneas se convierte en una condición previa para su posterior utilización en la comparación. Según Schwartz y Black (1996) las marcas incitan un énfasis en las mediciones estáticas a diferencia de representaciones externas realistas que llevan a prestar atención a la transmisión del movimiento. Las líneas fueron unidas por los niños, algunos padres las alinearon, pero pocos padres las utilizaron para examinar la velocidad de giro. Los padres que manifestaron el conteo en situaciones que no tenían líneas, se sirvieron de señales en las ruedas como punto de referencia para el cómputo de una vuelta completa. Las marcas, de por sí, no despertaron en la mayoría de los padres (y por lo tanto en sus hijos) las tareas relacionadas con la cuantificación, funcionando como *affordances* para contar las vueltas o como cursores para identificar la dirección de giro solo para los padres con conocimiento. La dificultad de utilizar las marcas no se halla en la complejidad de los contenidos ya que estos no son particularmente complejos. Las líneas no fueron percibidas directamente ya que los visitantes enfrentan, al parecer, dificultades en la percepción de las direcciones por ser nuestro cuerpo simétrico en el eje vertical y

asimétrico en el eje horizontal (Pinker, 1997). La información en las representaciones externas puede ser elegida analizada y procesada por los sistemas perceptuales, siendo esta información facilitada o inhibida (Keehner *et al.*, 2008) por la participación de mecanismos *top-down* de conocimientos (Zhang, 1997).

Resumiendo, podemos afirmar que determinados contenidos explícitos e implícitos se extraen del módulo a partir de la actividad, a partir de la negociación de los significados y a partir de los carteles explicativos. Los visitantes explicitan lo que es posible manipular, lo que infieren que "hay que hacer" y las restricciones impuestas a la actividad. Estas descripciones, inferencias y explicaciones se ven reguladas por las representaciones externas del módulo. El análisis funcional permite la identificación de los contenidos explícitos, implícitos y conceptuales y la planificación de las tareas. Los padres apoyaron el aumento y el ajuste de contenidos, en sus conversaciones con los niños. Si bien no vimos índices de redefinición en adultos, las marcas agregadas apoyaron el cómputo en los padres que insistieron en los aspectos más formales. Las líneas entonces sirvieron como *affordances* cognitivas para los padres con conocimientos previos mientras que los carteles reestructuraron las tareas y el uso de conceptos relacionados a la dirección y la velocidad. Identificamos aquí la interacción de los adultos con conocimientos previos como una re-definición de la propuesta (Schwartz y Martin, 2006) en situaciones en las que personas con ideas estables interactúan con entornos no definidos, que frente a un módulo abierto conforman configuraciones determinadas de acuerdo a las restricciones del módulo pero con metas claras, en general orientadas actividades en el módulo que apoyan la explicitación de conocimientos a sus niños.

Pasamos a investigar qué ocurre en módulos que presentan fenómenos contra-intuitivos para los padres. Revisaremos los contenidos explicitados, las acciones realizadas frente al módulo y las actitudes epistémicas de padres y niños en estas situaciones en el próximo capítulo.

Capítulo 8

AIRE EN MOVIMIENTO

¿Entiendes la paradoja? En lugar de que la pelota baje, es al revés. (Módulo del aire - padre dirigiéndose a la madre)

Hay aquí aire por todos lados. Lo rodea por todos lados. El aire fluye y crea, es difícil de explicar. Se crea una situación de presión que la pega arriba. (Módulo del aire - padre a niño de 8 años)

8.1 INTRODUCCIÓN

El estudio sobre el módulo del *Aire en movimiento* completa la serie de tres estudios de esta tesis. Abordamos este estudio por las siguientes razones: Muchos museos de ciencia cuentan con módulos de aire en movimiento, pero a diferencia de los módulos de espejos y ruedas dentadas antes estudiados, los fenómenos presentados en este módulo son contra-intuitivos. El fenómeno demostrado es sorprendente ya que no corresponde a las expectativas de los visitantes. Los museos pretenden de esta manera captar la atención del visitante y despertar la curiosidad hacia los fenómenos y sus explicaciones. Esta elección de los museos se ve en ocasiones criticada por investigadores de la enseñanza de la ciencias (J. Osborne, comunicación personal, 29 de marzo 2007). La principal crítica a este tipo de módulos es que dada su complejidad, los visitantes no logran comprender el fenómeno, quedándose en el efecto curioso sin poder relacionarlo con otros contenidos conocidos por ellos y, en algunos casos, formándose ideas erróneas a su respecto. Es más, frente a los fenómenos contra-intuitivos la exploración no siempre es posible, ya que la interacción del visitante debe ser limitada para que el efecto ocurra (Gutwill, 2008), por lo que los visitantes recaen en los carteles informativos para buscar información sin lograr explorar el fenómeno.

El objetivo de este trabajo es profundizar acerca de la explicitación de los contenidos y la manifestación de actitudes epistémicas frente a los módulos contra-

intuitivos. Registrando los contenidos aludidos en el módulo del aire, intentamos comprender de qué manera reaccionan los visitantes frente a los fenómenos, cómo los verbalizan y qué dificultades conceptuales encuentran frente a ellos.

8.1.1 Los fenómenos contra-intuitivos

Hemos enfocado en los estudios anteriores, fenómenos conocidos por los padres pero ignorados por los niños. Elegimos para el presente estudio efectos que los padres no solo desconocen, sino que van en contra de su física intuitiva, aquellos que los mismos padres no logran comprender. Las concepciones de la física intuitiva son representaciones sobre el funcionamiento de la naturaleza, orientadas a la respuesta rápida y eficaz en situaciones de la vida cotidiana (Pozo, 1993). Por otra parte, el conocimiento científico se halla enraizado en principios científicos generales y en los conocimientos básicos de la ciencia. Como ya hemos mencionado, existen diferencias entre la interpretación de situaciones y fenómenos entre los expertos y los novatos. Por ejemplo: físicos expertos se representan problemas en física en términos de conceptos y leyes aceptados por la ciencia, mientras que los novatos incluyen en sus representaciones de los problemas características superficiales de las situaciones estudiadas (Chi, Glaser, y Farr, 1988). Esto sucede ya que las explicaciones científicas violan, en ocasiones, principios de la física intuitiva. Como mencionamos en el capítulo 3, en estos casos es necesario un cambio conceptual radical, una reestructuración de los conocimientos y la creación de nuevas representaciones. Un aspecto de la alfabetización científica en el marco de los museos de ciencia exige la identificación de algunas explicaciones intuitivas y sus contextos de aplicación, en algunos casos limitando su aplicabilidad y en otros ampliándola (Pozo y Rodrigo, 2001). Nos volvemos a preguntar hasta qué punto puede darse una redescipción en los museos y cuál será la aproximación de los visitantes a contenidos que exijan este tipo de reestructuración. ¿Qué sucede cuando el visitante se enfrenta a conocimientos que son desconocidos y además son contrarios a las concepciones que maneja cotidianamente? La investigación de la enseñanza de la ciencia en contextos formales nos indica que en algunos casos el hecho de presentar un efecto inesperado, sorprendente o anómalo no ha sido efectivo para inducir el cambio conceptual (Vosniadou y Ioannides, 1998) y que el efecto de un evento discrepante aislado es

limitado (Chinn y Brewer, 1998). Asimismo, mencionábamos que la instrucción de la ciencia basada en la confrontación de las ideas previas puede acarrear efectos perjudiciales: los conflictos llegan a despertar actitudes negativas en algunos alumnos (Stavy, 1991), conduciéndolos a dudar de sus propias ideas en lugar de tomarlas como recursos de aprendizaje.

8.1.2 Los conceptos científicos en el módulo del aire

En el módulo del aire abordamos una tarea que requiere una redescrición de las fuerzas ejercidas por la corriente del aire para ser comprendida: los visitantes deben establecer una suspensión de la representación (Pozo, 2003) de la corriente del aire que empuja o succiona según su dirección. En su lugar deben considerar que el efecto presentado puede ser descrito en términos de diferencia de presiones y de la interacción de la pelota con la corriente del aire. La presión en fluidos (gases y líquidos) es definida como las fuerzas ejercidas - por unidad de superficie - sobre las superficies con las que los fluidos entran en contacto. Estas fuerzas son perpendiculares a las superficies de contacto. El impulso de la masa de aire en movimiento, al encontrar un obstáculo, se transforma en una presión estática sobre el mismo (en nuestro caso, la presión sobre la pelota o el disco).

8.1.3 Las concepciones intuitivas del aire en niños y adultos

A diferencia de los pocos estudios encontrados en el tema de los espejos, encontramos una amplia bibliografía de las concepciones de niños y adultos sobre el aire. Distintos autores investigan las concepciones que tienen los niños pequeños sobre el aire previo al estudio formal y durante la escuela primaria (Benlloch y Pozo, 1996; Borghi, 1988; Séré, 1986; Stavy, 1988; Tytler, 1998) y las concepciones de alumnos mayores de 12 años y de adultos (Besson, 2004; Engel Clough y Driver, 1985; Fassouloupoulos *et al.*, 2003; Séré, 1982, 1985). Encontramos también estudios concentrados particularmente en la teoría corpuscular de la materia, su enseñanza y asimilación (Benson, Wittrock y Baur, 1993; Driver, 1985; Nussbaum, 1985; Pozo, Gómez Crespo y Gutiérrez Julián, 2004). Nos referiremos en este apartado a los

estudios del primer grupo, ya que la mayoría de los niños que visitan los museos con sus familias se hallan en este grupo de edad. Haremos referencia a algunos conceptos presentados en artículos con niños mayores que podrán guiar el análisis de las respuestas de los padres.

Los niños tienen pocas oportunidades para encontrar gases en su vida cotidiana. El conocimiento de los gases es limitado entre otras razones porque no poseen características observables para los niños (Stavy, 1988). La palabra gas tiene un uso restringido y se relaciona con el gas para cocinar, los encendedores y algún tipo de fuentes de calor (Séré, 1985; Stavy, 1988). Por el contrario, la palabra aire forma parte del vocabulario: los niños saben que respiramos aire y que el aire es necesario para apagar una vela (Séré, 1986). Los experimentos presentados por Séré (1982) a niños entre 11 y 13 años de edad intentaban investigar las concepciones de niños sobre las propiedades físicas del aire. Los niños participaban en experiencias de dos tipos: a) se observaba un cambio en la presión del aire (ocasionado por la variación de la cantidad de aire o el cambio del volumen de una determinada cantidad de aire); b) se presentaban experiencias que mostraban los efectos de la existencia de la presión atmosférica (por ejemplo un vaso de yogur que al ser dado vuelta no se vaciaba) en las que el equilibrio era perturbado (al hacer un agujero en el vaso, el yogur caía). Frente a este tipo de experiencias, se observó una tendencia de los niños a prestar atención a lo que pasaba dentro de los recipientes, ignorando la existencia del aire circundante. Los niños asociaban, asimismo, la presencia del aire con el movimiento del aire (Séré, 1985), utilizando conceptos de la mecánica para interpretar los experimentos:

1. Los niños tenían en cuenta los estados que incluían un movimiento del aire, prestando mayor atención a los estados iniciales y finales del experimento.
2. Los niños interpretaban los experimentos usando esquemas como: El movimiento del aire en una dirección es causado o es causa de una fuerza en esa dirección. Apparently, los niños no lograban imaginar una presión sin el movimiento asociado a ella. En consecuencia, para muchos niños los gases ejercían fuerzas únicamente en una dirección. A diferencia de la concepción científica en la que el

vacío no ejerce fuerzas ni presiones, los niños adjudicaban al vacío la posibilidad de aspirar: el vacío aspira, succiona o jala (al agua).

3. Los niños no manifestaban la conservación de la fuerza una vez que el sistema había alcanzado un equilibrio. En consecuencia, atribuían estados de equilibrio a la ausencia de fuerzas, afirmando que el aire de la atmósfera no ejercía fuerza alguna.
4. Los gases ejercían una fuerza cuando eran empujados o calentados, siendo causas externas las que hacían que los gases ejercieran fuerzas. El aire "podía adquirir" fuerza: a) a través de obtenerla del experimentador, o b) por el hecho de estar el aire atrapado. Ambas interpretaciones de la adquisición de la fuerza del aire eran usadas en casos en los que la dirección de la fuerza y el movimiento coincidían.

De manera general, los niños adjudicaban a los gases la posibilidad de transmitir movimiento pero no de ejercer fuerzas. Los niños presentaban asimismo dificultad al tener en cuenta dos elementos en interacción. En situaciones de equilibrio encontraban particularmente difícil reconocer la existencia de las fuerzas y la presencia de la presión atmosférica. En caso de reconocer la presión del aire, los niños la consideraban como presión normal, adjudicándole valor cero. Gases con presión mayor a la presión atmosférica ejercían fuerzas y gases a presión menor actuaban por succión. Estas concepciones representan obstáculos en la comprensión de las propiedades de los gases. Aplicando estos resultados a la enseñanza, se recomienda utilizar situaciones con diferencia de presiones para producir efectos observables (Séré, 1982). Asimismo, se considera que presiones mayores que la presión atmosférica darán siempre mejores resultados que situaciones en las que la presión disminuye. Es por tanto recomendable comenzar con el aire en movimiento y las fuerzas que ejerce y estudiar luego las características del aire en reposo. De esta manera se podría diferenciar entre las fuerzas (causas de la tendencia hacia el equilibrio) y las presiones (parámetros característicos del equilibrio) (Séré, 1985).

Tytler (1998) identificó distintos tipos de explicaciones en niños de escuela primaria (de preescolar a sexto grado) sobre el tema del aire. Son detalladas a continuación las concepciones identificadas en orden de complejidad.

Concepciones pre-explicativas

- C1a. Descripción de las observaciones (**El agua se volcó**).
- C1b. Agencia humana (**Porque soplamos fuerte**).
- C1c. Personificación de objetos (**El aire quería escapar**).

Concepciones intermedias

- C2a. Referencias vagas al aire o al agua (**El aire lo hizo**).
- C2b. Imagen del aire atrapado (**El aire y el agua estaban atrapados en la caja**).

Las *concepciones avanzadas* mencionan el lugar que ocupa el aire o el agua respectivamente.

- C3. El aire toma lugar (**Solo cuando el aire salga va a poder tomar su lugar**).
- C4. Las fuerzas o presiones resultantes del aire atrapado (**El aire en la jarra sacó al agua**).
- C4a. Efectos de succión (**El aire bajo el dardo lo chupa al disco**).

La succión es definida como una concepción avanzada, relacionada con concepciones en las que el aire ejerce una fuerza. Particularmente, el efecto de la succión es explicado por los niños de manera fenomenológica o asociativa, aparentando estar al límite entre las ideas basadas en la experiencia y "las ideas formalizables" (Tytler, 1998, p.925). Por último, dos de las concepciones avanzadas implican la interacción dentro de un sistema y el reconocimiento de la presión atmosférica.

- C5. Acción del aire circundante (**El aire empujó al dardo**).
- C5a. Diferencia de presiones (**La presión del aire de afuera empuja más que el aire o el agua del interior del recipiente**).

Las concepciones relacionadas con la presión atmosférica fueron más frecuentes en niños de 5° y 6° grado. Las dificultades para percibir la presión atmosférica en niños pequeños se adjudican, según los autores, a presuposiciones relacionadas con propiedades observables del aire y con dificultades asociadas a la aplicación de un primitivo fenomenológico (Dissesa, 1983) del "poder" del aire aplicado a la acción de succionar. De esta manera, la succión y la presión serían confundidas en esta noción más general del "poder" del aire (Tytler, 1998).

Engel Clough y Driver (1985) revisaron las concepciones de la presión atmosférica en niños de 12 a 16 años en tareas que mostraban diferencia de presiones en el interior y en el exterior de un recipiente. Se encontraron tres concepciones

generales que relacionaban el movimiento con la presión y la fuerza: a) la concepción de diferencia de presiones, aceptada por la comunidad científica, b) concepciones que identificaban la presión atmosférica pero que ignoran la presión interna y c) la concepción del vacío en términos de succión. Los niños manifestaban una visión dinámica de la presión ya que en la vida cotidiana la fuerza y el movimiento se relacionan causalmente (un empuje produce un movimiento en la misma dirección) por lo que no es sorprendente que no adjudiquen al aire en reposo la posibilidad de ejercer fuerzas. Esta imposibilidad de identificar la fuerza ejercida por el aire en reposo se relaciona con la concepción alternativa de succión que posiblemente deriva de las experiencias preceptuales de los alumnos (Engel Clough y Driver 1985, p.142).

Mencionamos, por último, un estudio de las concepciones de estudiantes de secundaria y de universidad acerca de la presión estática en fluidos. Besson (2004) hace mención a la dificultad de los estudiantes de relacionar efectos locales y globales. Este autor estudió particularmente la relación entre el principio de Arquímedes y las presiones en los líquidos. Los estudiantes de los distintos niveles hallaron dificultad para relacionar ambos efectos. El autor propone utilizar modelos articulados que describan el sistema en forma global y que permitan analizar las interacciones locales sobre lo que sucede en distintas partes del fluido.

8.1.4 Investigaciones en museos

El proyecto APE (*Active Prolonged Engagement*), mencionado en el capítulo 2 (Humphrey y Gutwill, 2005), incluía un módulo de aire en movimiento para que los visitantes se plantearan en él sus propios experimentos. El módulo de los *Objetos Flotantes* consta de una mesa con dos tubos flexibles por los que sale una corriente de aire. Los visitantes observan los efectos de elevación de pelotas de distintos tamaños y formas, modificando el ángulo y la intensidad de la corriente del aire. Los investigadores compararon el tiempo de interacción y el tipo de actividades realizadas por las familias. Se comparaban situaciones en las que variaba el texto del cartel explicativo (ofreciendo alternativamente actividades o explicaciones) y el número de objetos ofrecido al visitante. Los autores refieren que el fenómeno contra intuitivo (la pelota queda suspendida en la corriente del aire, sin ser empujada por ella) sorprendió

a la mayoría de los visitantes y fue foco de interacción prolongada. Niños y adultos manifestaron actividad exploratoria. Al ser entrevistados, los visitantes describieron los fenómenos como "sorprendentes". El módulo apoyó el despliegue de una amplia gama de conductas relacionadas con la exploración científica, pasando de la identificación de variables a la verificación de hipótesis (Tisdal, 2004). Sin embargo, como ya hemos mencionado, los módulos contra-intuitivos no siempre promueven la exploración de los fenómenos. En ocasiones, representaciones externas intrigantes pueden apoyar la exploración (Gutwill, 2008). Los efectos producidos por el aire en movimiento llaman la atención tanto a adultos como a niños y requieren distintos niveles de comprensión, exigiendo una redescripción de los conocimientos cotidianos. Sin embargo, es de esperar que niños y adultos reaccionen de manera diferente al efecto. Nos preguntamos si los niños tienen expectativas con respecto al comportamiento de la pelota: de qué manera reaccionarán cuando el efecto no corresponda con sus expectativas (**la pelota se cae si no es sostenida**). Por otro lado, una situación abierta que no corresponde a escenarios cotidianos en los que los niños se enfrentan a recipientes cerrados quizás no sea interpretada como contraria a algo conocido. Los adultos quizás expliquen el efecto en términos conocidos por ellos, no siempre prestando atención al efecto sorprendente. Por último, puede ser que, de acuerdo con las expectativas de los museos, el efecto asombroso sea reconocido por los visitantes y conduzca a la exploración y a la búsqueda de explicaciones. Pero nos interesa aún comprender de qué manera relacionan los visitantes el efecto contra-intuitivo con sus conocimientos previos y de qué manera explicitan esta relación.

Pasamos a realizar un análisis funcional del módulo del *Aire en movimiento*, basándonos en las investigaciones mencionadas y considerando los objetivos del museo y las actividades de los visitantes. Identificamos los contenidos explícitos, implícitos y conceptuales (Postigo y Pozo, 2004) para establecer las demandas cognitivas que el módulo ofrece.

ANÁLISIS FUNCIONAL (Los mensajes del museo)	Interacción de la corriente del aire y los objetos. Situaciones de equilibrio para objetos distintos. Diferencia de presiones entre el aire en movimiento y el aire en reposo.
ANÁLISIS DEL USUARIO (Propuestas iniciales básicas)	Colocar objetos (pelotas, discos) en la corriente. Jugar con un elemento contra-intuitivo – los objetos se hallan sostenidos en la corriente, sin ser empujados por ella. (Teoría intuitiva- El aire empuja, el vacío chupa.)
ANÁLISIS DE LAS TAREAS (Propuesta interactiva, procedimientos, acciones, restricciones a la acción)	Sentir la corriente del aire y su dirección. Buscar el punto de equilibrio de distintos objetos. Controlar los límites del fenómeno: poner dos objetos juntos, Cambiar la posición del objeto en la corriente (mencionado en el cartel explicativo).
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN (Niveles de complejidad y despliegue de la información)	<u>Información explícita:</u> Percepción correcta de la dirección de la corriente del aire. El efecto es válido para algunos objetos pero no para otros. <u>Información implícita</u> La corriente de aire no empuja a la pelota. Por el contrario, la corriente es esencial para la producción del efecto: La pelota se sostiene a pesar de que el aire continúa saliendo. <u>Información conceptual:</u> El efecto se relaciona con la diferencia de presiones. Al acercar la pelota a la corriente del aire, la corriente se modifica: La pelota se mueve de una zona de alta presión a una zona de presión menor, hasta llegar a un equilibrio (en cartel explicativo).

Tabla 8.1: Análisis funcional del módulo de los espejos a partir de Gutwill y Thogersen, (2005), Postigo y Pozo, (2004) y Zhang, Johnson, Malin y Smith (2002).

Este módulo permite analizar la corriente del aire sin recurrir a situaciones relacionadas con el aire encapsulado que provocan dificultades conceptuales en los niños. Sin embargo, consideramos una posible interpretación errónea del fenómeno en la que los visitantes perciban el efecto ignorando la dirección de la corriente del aire e interpretando que la pelota es aspirada por el aire que entra por el tubo (Engel Clough, Driver, 1985; Sére, 1985; Tytler, 1998). Nuestro intento es identificar ayudas que brinden al visitante la posibilidad de explicitar los contenidos contra-intuitivos en relación a sus conocimientos previos. Ante la posibilidad que el fenómeno sea interpretado erróneamente, utilizamos una visualización del efecto. En la situación experimental agregamos unas cintas que se mueven al salir el aire para apoyar la mención de la corriente del aire durante la interacción. Este elemento está orientado a enfatizar el efecto de la salida del aire y focalizar la atención no solo en la corriente sino en la manera que se modifica la corriente al acercar la pelota. La situación de control no contaba con este elemento. Las cintas fueron añadidas para marcar la

interacción de la corriente de aire y los objetos sostenidos en la corriente. Basándonos en investigaciones anteriores, en las que marcas y objetos agregados a módulos modificaban las tareas y posibilitaban la explicación de contenidos, intentamos identificar el uso de las cintas para la explicitación del fenómeno contra-intuitivo.

El objetivo del estudio:

7. Identificar los contenidos explicitados en la interacción con el módulo del *Aire en movimiento*.
8. Identificar las conductas epistémicas de padres y niños frente al módulo del *Aire en movimiento*.
9. Comprender el rol de las representaciones externas (las cintas que indican la dirección de la corriente del aire) para la explicitación del fenómeno.

Las preguntas del tercer estudio: ¿Reconocen los visitantes el fenómeno contrario a sus expectativas o por el contrario interpretan el efecto en términos de vacío y succión? ¿Utilizan las cintas para confirmar la salida del aire? ¿De qué manera utilizan los carteles cuando desconocen los contenidos? ¿De qué manera explicitan la actitud y la agencia en módulos contra-intuitivos?

Las hipótesis del estudio sostienen que algunos visitantes se confundirán y definirán el efecto señalando que el aire absorbe la pelota por succión. Esta conducta podrá ser observada más frecuentemente en la situación de control. Además, las cintas en la situación experimental podrán focalizar la atención hacia la dirección del aire y podrán ser utilizadas al acercar objetos como indicadores de la interacción entre el aire en movimiento y los objetos. Por último, los contenidos explicitados harán eco de los carteles y en algunos casos reflejarán una redescrición de contenidos al ser mencionadas las presiones en el sistema³.

³ Es importante indicar que en el módulo del aire no controlamos la variable con o sin cartel ya que en un intento previo en el que los visitantes manipularon el módulo sin carteles explicativos, hubo quejas de los visitantes que buscaban los carteles. Por consiguiente no consideramos apropiado anular los carteles en el marco de un museo frente a un módulo contra-intuitivo y renunciamos a controlar dicha variable.

8.2 ESTUDIO 3A

8.2.1 Metodología

8.2.1.1 Participantes

Cincuenta familias que visitaron el Museo de Ciencias de Jerusalén participaron en el estudio.

8.2.1.2 Tareas -Descripción del módulo: Aire en movimiento

El sistema del aire en movimiento consta de seis módulos que muestran distintos efectos provocados por la corriente del aire. Nuestro estudio se basa en dos módulos que muestran el mismo efecto. Dada su similitud serán considerados como un único módulo:

1. Los visitantes provocan la salida de la corriente de aire por un tubo con un embudo transparente en el extremo apretando un botón. La pelota queda adosada cuando es acercada al embudo. Los visitantes pueden verificar si una pelota sin agujeros y otro embudo flexible de las mismas dimensiones que el embudo del módulo producen el mismo resultado.

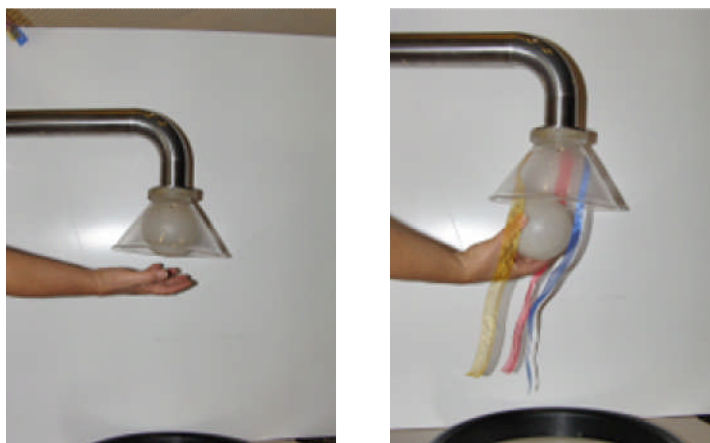


Figura 8.1: El módulo del Aire en movimiento con o sin cintas.

2. La segunda parte del módulo presenta el mismo efecto con un disco que se sostiene en la corriente de aire. El efecto puede ser comparado con un disco más pequeño y con un disco agujereado. Unos topes colocados para evitar

que el disco se deslice hacia los lados permiten que el disco grande se mantenga en el lugar.



Figura 8.2: El módulo del Aire en movimiento – pelota en embudo y disco.

En la situación experimental agregamos unas cintas que se movían al salir el aire para apoyar la mención de la corriente del aire durante la interacción. Cuando el visitante aprieta un botón se escucha el ruido de un motor (el compresor del aire) y el aire sale del embudo, moviendo las cintas que funcionan como representación externa de la dirección de la corriente de aire. Las cintas no son mencionadas en los carteles explicativos. Los mensajes del módulo en los carteles sugieren:

La pelota en el embudo

Aprieta el botón y acerca la pelota a la abertura del embudo (en dirección hacia abajo).

¿Por qué la pelota no se cae?

¿Sale el aire del embudo o es aspirado hacia adentro?

Tira suavemente de la pelota sintiendo como es atraída nuevamente hacia arriba.

Prueba acercar la pelota con agujeros. ¿Acaso también esta pelota se mantiene en el aire?

Esta es una demostración del principio de Bernoulli que establece que el aire en movimiento ejerce una presión más baja que la presión que ejerce el aire en reposo.

El aire en movimiento que sale del embudo y pasa sobre la pelota ejerce una presión más baja que la del aire que se encuentra bajo la pelota. Así logra el aire de arriba mantener la pelota en el embudo.

Disco flotante

Aprieta el botón y acerca el disco a la abertura (en dirección hacia abajo) en el extremo del tubo.

¿Por qué el disco no se cae?

¿Sale el aire del tubo o es aspirado hacia adentro?

Prueba acercar un disco con agujeros o un disco pequeño a la abertura.

¿Estos discos se adhieren a la corriente de aire? ¿Por qué?

Esta es una demostración del principio de Bernoulli que establece que el aire en movimiento ejerce una presión más baja que la presión que ejerce el aire en reposo.

Cuando el disco se halla suficientemente cerca de la abertura del tubo, el aire que sale del tubo fluye hacia los lados a alta velocidad. Esta corriente rápida crea una presión menor a la del aire que se encuentra debajo del disco. Así logra el aire de arriba juntar el disco a la abertura del tubo. Al tener el disco agujeros, el aire fluye a través de los agujeros. La velocidad del aire hacia los lados no es suficientemente rápida. No se crea entonces una diferencia de presiones entre la parte superior y la inferior y el disco cae.⁴

8.2.1.3 Procedimiento

El tiempo de interacción en el módulo fue medido para las 50 familias de la muestra (25 en la situación experimental y 25 en la situación de control). Medimos el tiempo desde el momento en que por lo menos un adulto y un niño abordaron juntos el módulo hasta el momento en que alguno de ellos, los niños o los padres, lo abandonaron.

8.2.1.4 Análisis de los datos

Se realizó un análisis de varianza del tiempo de interacción en la situación experimental y en la de control.

8.2.2 Resultados

8.2.2.1 Medición del tiempo

Para algunas familias ésta era la primera exhibición que visitaban y para otras, una de las últimas, dada la ubicación de la sala en un extremo del museo. Medimos el

⁴ La recolección de los datos para esta investigación se realizó en el mes de diciembre del año 2006. Durante el año 2008, se ha considerado en el ámbito del museo de ciencias de Jerusalén una reinterpretación de la explicación del efecto observado en el módulo del aire. Para explicar el fenómeno se recurre, entre otros, al efecto Coanda estudiado en la mecánica de fluidos. El efecto Coanda expresa que al entrar en contacto un fluido en movimiento con una superficie, el fluido tiende a seguir el contorno de la superficie sobre la que incide y por lo tanto tenderá a "adherirse" a una superficie curva que encuentre en su camino. Por el principio de acción y reacción, esta fuerza aplicada en desviar la dirección del aire, conlleva una fuerza en dirección contraria que es aplicada a la pelota manteniéndola en su lugar. Este proceso de reinterpretación se halla aún en discusión por lo que utilizamos en nuestro estudio la explicación previa.

tiempo de interacción compartido por adultos y niños en uno y/o otro módulo (la pelota y el disco) ya que algunas familias optaron por interactuar con solo uno de ellos. No se encontraron diferencias significativas en los tiempos de interacción entre las dos situaciones en las familias de la muestra, siendo el tiempo medio de interacción en la situación experimental de 1.30 minutos y en la situación de control de 1.17 minutos.

8.3. ESTUDIO 3B

8.3.1 Metodología

8.3.1.1 Participantes

Un estudio más detallado se realizó con un subgrupo de 34 familias para verificar la influencia cualitativa de las cintas en las acciones y las conversaciones de las familias en el módulo del *Aire en movimiento*.

8.3.1.2 Procedimiento

Al ingresar una familia a la sala, la investigadora se dirigió a uno de los padres para pedir su consentimiento de participar en el estudio, indicando que el objetivo del mismo era identificar las características de los módulos que se adaptaran a la interacción familiar. Se especificó que la consigna era interactuar naturalmente con el módulo. Los padres llenaron un cuestionario con datos socio-demográficos. Un 5% de las familias abordadas rehusó a participar en el estudio, argumentando que se hallaban o al principio o al final de la visita o que no deseaban ser filmados. Destacamos que el pedido de consentimiento incluía al módulo del aire y al de las ruedas dentadas, referido en el capítulo anterior. Por consiguiente, algunas familias que participaron en el estudio de las ruedas dentadas (14 en total) han sido incluidas en este estudio. No todas las familias fueron incluidas en ambos estudios: familias cuyos miembros actuaron individualmente y aquellas que no se acercaron al módulo no fueron incluidas en el estudio del aire.

8.3.1.3 Análisis de los datos

Realizamos análisis de las conversaciones por medio de métodos estadísticos lexicométricos y elaboramos un índice de familia resumiendo los contenidos explicitados durante la interacción. Con el objeto de revelar la explicitación de los contenidos del módulo, se procedió a identificar categorías de contenido, durante las conversaciones. Este registro permitió comparar a las familias en ambas situaciones (con y sin cintas). Se realizó un análisis de varianza de la frecuencia de la mención de las categorías según la situación. Se verificó la correlación de la mención de dichas categorías mediante la prueba no-paramétrica Pearson. Registramos asimismo, las conductas epistémicas y los patrones de actuación específicos. Por último, el análisis de la interacción de una familia en detalle, uniendo los datos textuales y las categorías de contenido, nos permitió articular la información recibida a través de los otros análisis.

8.3.2 Resultados

8.3.2.1 Análisis estadístico de datos textuales

Los análisis lexicométricos fueron realizados mediante el programa estadístico SPAD.T (Versión 5.5). Comparamos el uso de las palabras en adultos y en niños y su relación con la situación experimental. Para ello conformamos cuatro grupos, reuniendo a padres en la situación experimental con cintas, padres sin cintas y a niños con cintas y sin ellas. Recordemos que las cintas indicaban la dirección de la salida del aire. Se incluyeron en el corpus 68 individuos, 17 adultos en la situación experimental (con cinta), 17 en la situación control (sin cintas), 17 niños en la situación experimental y 17 en la situación control. Como ya hemos mencionado, la primera etapa del análisis lexicométrico consiste en realizar un análisis factorial de correspondencias simples (AFCS) sobre la tabla léxica individuos / palabras. Este primer análisis se realiza sobre una tabla de contingencia de tipo *simple* (individuos sin agrupar / palabras que superan el umbral de repetitividad). Dicho procedimiento permite determinar si, en caso de que los individuos se agruparan según la modalidad a la que pertenecen, se podría afirmar (o no) que hacen un uso estadísticamente distinto del léxico más utilizado. Los resultados de este análisis no confirmaron la

posibilidad de agrupación, apareciendo los padres muy diferenciados de los niños, pero sin diferenciarse entre sí.

Al no encontrarse diferencias significativas en el uso del léxico de los distintos grupos no proseguimos con este análisis. Sin embargo, consideramos la posibilidad de que hubiera diferencias significativas en el léxico de los padres, los niños mayores (entre 9 y 12 años) y los niños menores (entre 5 y 8 años). Con este agrupamiento intentamos resaltar las diferencias entre los grupos de niños, ya que dado el carácter contra-intuitivo del fenómeno, nos interesaba estudiar el uso del lenguaje en niños mayores, diferenciándolo del de los padres y del de los niños pequeños. Nuevamente el análisis previo de correspondencias simples que permite realizar el agrupamiento y los análisis posteriores logró diferenciar a los niños pequeños (-8,7) pero no mostró diferencias significativas entre los padres (que alcanzaron +1.9 sin llegar al valor test) y los niños mayores (+0.5). Este resultado parece indicar que la varianza dentro de los grupos es alta por lo cual no es lícito agruparlos, o que existen similitudes entre los grupos de padres y niños entre 9 y 12 años. Pasamos a realizar los análisis de contenido de conversaciones y de conductas de video para ubicar las diferencias.

8.3.2.2 Índice de familia

El objetivo de organizar un índice de familia es identificar los contenidos del módulo explicitados, indicando la frecuencia en que los contenidos son aludidos. Para facilitar la visualización, organizamos una tabla que relaciona los contenidos del módulo mencionados en los carteles, sus representaciones externas en los elementos del módulo y algunos ejemplos registrados en las conversaciones.

CARTELES EXPLICATIVOS	ELEMENTOS DEL MÓDULO	DEL CONVERSACIONES
<p><i>Aprieta el botón y acerca la pelota a la abertura del embudo (en dirección hacia abajo). ¿Por qué la pelota no se cae? ¿Sale el aire del embudo o es aspirado hacia adentro?</i></p>	<p>La pelota puede ser colocada dentro del embudo transparente. Cuando el aire sale por el tubo, se observa que la pelota se sostiene dentro del embudo. En la situación experimental, al salir el aire, las cintas de colores se mueven. El movimiento de las cintas se observa aun cuando la pelota se halla colocada.</p>	<p>Sale, mira los hilos.</p> <p>Mamá, mira. El aire sale por aquí y aun así, la pelota se queda. Allí también (señala el módulo contiguo)</p>
<p><i>Tira suavemente de la pelota sintiendo como es atraída nuevamente hacia arriba.</i></p>	<p>Al jalar la pelota suavemente hacia abajo se siente la fuerza de atracción que lleva la pelota hacia la boca del embudo. Asimismo, la pelota es atraída al ser acercada desde abajo, con la mano extendida.</p>	<p>Tíralo en el aire. Mira como es atraído hacia arriba.</p> <p>Quiero ver de qué altura es. (acercando la pelota con la mano extendida desde abajo)</p>
<p><i>Prueba acercar la pelota con agujeros. ¿Acaso también esta pelota se mantiene en el aire?</i></p>	<p>Dos elementos complementarios pueden ser adosados a la boca del tubo: una pelota con agujeros y un embudo flexible de la misma forma que el embudo transparente.</p>	<p>Si colocamos una pelota con agujeros se cae.</p> <p>¿Éste se caerá o no?</p> <p>Los que tienen agujeros no se pegan.</p>
<p><i>Esta es una demostración del principio de Bernoulli que establece que el aire en movimiento ejerce una presión más baja que la presión que ejerce el aire en reposo. El aire en movimiento que sale del embudo y pasa sobre la pelota ejerce una presión más baja que la del aire que se encuentra bajo la pelota. Así logra el aire de arriba mantener la pelota en el embudo.</i></p>	<p>(solo en el cartel)</p>	<p>Mira lo que ocurre. Éste no, éste no se prende. La presión aquí es más baja y por eso lo atrae hacia arriba.</p> <p>El aire pasa por aquí, el aire pasa por aquí. La presión es más baja que la presión del aire de abajo.</p>

Tabla 8.2: Contenidos del módulo del aire, sus representaciones externas y algunos ejemplos registrados en las conversaciones.

En este marco de análisis algunas entidades conceptuales son directamente observadas a partir de los elementos del módulo (el punto de equilibrio en la pelota; el movimiento de los cintas al salir el aire) mientras que otras relaciones (como la diferencia de presiones) son construcciones teóricas más complejas. Para conformar el índice de familias se procedió en un primer paso a identificar las frases que se relacionaban con los contenidos en cada una de las familias. Estas frases podían ser emitidas por cualquier miembro de la familia y tener la forma de predicciones, imperativos o preguntas. A partir de estas frases se armaron categorías de contenidos.

En este análisis no incluimos las citas literales del texto de los carteles explicativos (Allen, 2002) ya que nos interesa particularmente de qué manera los visitantes articulan los contenidos en sus descripciones y explicaciones. Consideramos dos categorías que incluyen explicaciones incorrectas o pre- explicativas (Tytler, 1998).

1. Mención explícita del vacío, uso de la analogía con la aspiradora. (**El aire aspira alrededor como una aspiradora.**) No incluimos la analogía cuando es expresada negativamente. (**No es como una aspiradora.**)
2. Explicaciones relacionadas con las características de los objetos. Mención explícita del tamaño o la textura de la superficie. (**Solo un disco es atraído, ¿viste? De los tres solo uno, por la superficie.**) No incluye expresiones que describan el fenómeno sin explicación causal. (**El de los agujeros se cae.**)

Incluimos a continuación frases relacionadas con la corriente del aire. El efecto observado se relaciona con la corriente del aire: en el primer caso la corriente del aire es mencionada como causa y en el segundo se menciona explícitamente que el efecto es contrario a las expectativas del visitante.

3. Explicaciones relacionadas con las propiedades del aire y particularmente del aire en movimiento. (**Porque tiene espacios, el aire pasa por los espacios.**)
4. Explicitación de la paradoja. (**Sale el aire y la pelota se queda.**) Uso de expresiones que incluyen conjunciones: a pesar, pero, justo, aún. (**El aire sale por aquí y aún así, la pelota se queda.**) Incluye frases que niegan el efecto. (**¿Por qué no se cae?**) No incluye frases que indican la dirección del aire sin la negación del efecto esperado. (**Sale aire, saca aire.**)

La mención de la presión del aire implica la utilización de un concepto no observable (información conceptual en palabras de Pozo y Postigo (2004)) que exige un conocimiento previo o la lectura de los carteles explicativos. Recordamos que no incluimos en este análisis las citas literales del texto de los carteles explicativos. Por lo tanto, nos interesa diferenciar en qué circunstancias los visitantes hablan de la presión o de diferencia de presiones.

5. El aire que se mueve tiene fuerza. Mención de la presión. (**¿Quizás el aire sale por los lados y hay presión en el medio?**) ; (**La presión lo sostiene, lo atrapa arriba.**)
6. Explicaciones que mencionan la diferencia de presiones. Uso del concepto de presión alta y/o presión baja. (**Hay presión baja en el medio y la pelota se queda.**)

Uno de los objetivos de este estudio fue comprender si frente a un fenómeno contra-intuitivo se hace explícita la agencia (la relación de los fenómenos observados con los conocimientos previos). De esta manera se podría encontrar justificación a la elección de fenómenos contra-intuitivos en los museos ya que además de sorprender y divertir, estarían apoyando la redescrición representacional del visitante. Una de las maneras de reconocer la agencia la hallamos en la explicitación de la paradoja que muestra la contradicción entre lo observado y lo esperado (mencionado en la categoría 4). Se intentó, asimismo, definir una categoría que explicitara la agencia a partir de verbos mentales (Schwanenflugel et al. (1994) (entender comprender, saber). Esta categoría fue suprimida ya que resultó muy compleja de definir operativamente. Además, investigaciones en museos que intentaron definir categorías similares, han marcado que referencias a la meta-cognición (categoría similar a la agencia) constituye menos del 1% del total de las conversaciones (McManus, 1989, Allen, 2002). Buscamos por último la actitud de comparar y generalizar los fenómenos observados a distintos contextos y por lo tanto señalamos aquellas frases que definen que el mismo principio es observado en ambas partes del módulo.

7. Mencionan que es el mismo principio en los dos módulos. **(Hay aquí el mismo principio, el mismo principio.)**

En una segunda etapa realizamos un proceso de fiabilidad inter-jueces para la definición estricta de los criterios. Nueve casos (de un total de 34 familias) fueron analizados por dos juezas independientes. El índice total de Kappa fue de .859, considerado muy bueno. Los casos en discrepancia fueron solucionados de común acuerdo. Se realizó un análisis χ^2 de las ocurrencias y una prueba Mann Whitney de las frecuencias de las conductas. La Tabla 8.3 resume la ocurrencia de la mención de las distintas categorías según la situación: experimental (aire 1), control (aire 2).

	Vacío	Características de objetos	Corriente de aire	Paradoja	Presión de aire	Diferencia de presiones	Mismo principio	TOTAL
AIRE 1 (n=17)	0	8	8	9	6	8	6	45
AIRE 2 (n=17)	3	6	10	11	3	6	7	46
TOTAL	3	14	18	20	9	14	13	91

Tabla 8.3 - Familias que mencionaron las distintas categorías según situación.

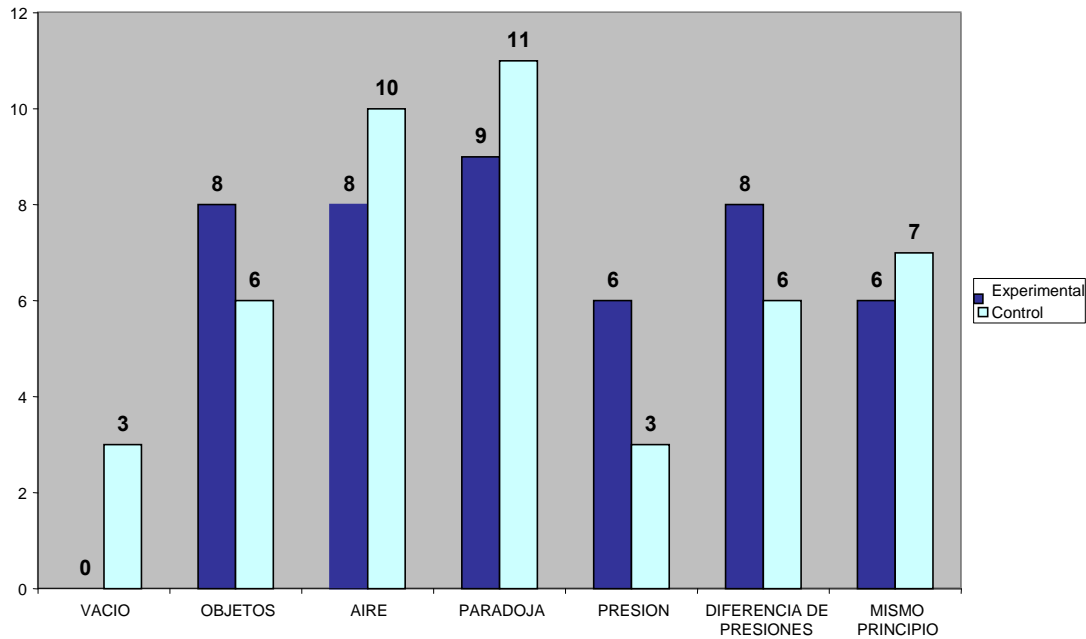


Figura 8.2 Número de familias que mencionaron las distintas categorías según situación-situación experimental (n=17) y situación de control (n=17).

Como puede observarse, no hallamos diferencias significativas: los contenidos fueron mencionados con frecuencias similares en ambas situaciones. Revisamos a continuación cada una de las categorías y los porcentajes del total de las familias que mencionaron cada una de ellas.

Categoría 1: Mención de vacío: Pocas familias mencionaron esta categoría, y relacionaron el fenómeno con efectos conocidos como la aspiradora, adjudicando al aire la posibilidad de aspirar. La mención de vacío es mínima en los casos analizados y se da solo en un 8,8% de las familias de la situación 2, sin haber diferencias significativas entre las dos situaciones. Notamos asimismo a partir de las transcripciones, que en dos de los casos, esta concepción es expresada al principio de la interacción y luego corregida.

Categoría 2: Las características de los objetos: Las características de los objetos son mencionadas en ambas situaciones: El 41,1% de las familias mencionaron que los objetos con agujeros no se sostienen y que las características de los objetos (por ejemplo los agujeros) son las causas por lo que los objetos no se sostienen en el lugar.

Categoría 3 y Categoría 4: Corriente del aire: Un alto porcentaje de familias identificaron la paradoja en ambas situaciones. (58,8 % del total de las familias, 52,9% en la situación experimental y 64,2% en la situación control). Este dato nos permite afirmar que la mayoría de las familias interpretaron el fenómeno como contrario a sus expectativas e hicieron explícita su sorpresa frente al mismo.

Categorías 5 y Categoría 6: Un 26,4% de las familias mencionaron la presión en sus conversaciones. La diferencia de presiones fue identificada por un 41% del total de las familias. Uniendo las categorías relacionadas con la presión observamos que un 52,9% de las familias explica el fenómeno utilizando la palabra presión (18 familias en total, sin contar 5 familias que mencionaron ambas categorías).

Categoría 7: Un porcentaje de 38,2% del total de las familias mencionó explícitamente que ambas partes del módulo mostraban el mismo principio. Si descontamos las 10 familias que interactuaron con un módulo (en general el de las pelotas) y que por lo tanto no tuvieron oportunidad de comparar, el porcentaje de las familias llega a un 54%.

Al verificar la correlación de Pearson entre la frecuencia de la mención de los contenidos en cada una de las familias, se identificó una correlación positiva significativa de $.803 = p < .003$) entre la mención de la paradoja y la mención de la diferencia de presiones. La mención explícita de la paradoja parece favorecer la búsqueda de una explicación en términos de diferencia de presiones en nuestro caso obtenida a partir del cartel explicativo (ver datos ANEXO IV).

8.3.2.3 Análisis de datos de video

Resumen de las conductas observables en los videos - En un primer paso se determinaron y definieron las categorías observables de las interacciones de padres y niños en el módulo. Varias categorías fueron reagrupadas, otras anuladas, debido a la dificultad de definir las de manera inequívoca. En el registro de las conductas observables en el video se incluyen aquellas conductas que resultan informativas para el objeto de nuestro estudio. Específicamente, fueron consideradas las conductas que indicaran una actitud epistémica destinada a comprender el estado del módulo o a mostrar el estado del módulo a otro integrante de la familia. Se incluyen por ejemplo, conductas orientadas a controlar la dirección de la corriente del aire, gestos de señalar,

gestos que acompañan explicación, leer carteles, y usar el embudo flexible para comparar con los otros elementos. Se registraron las ocurrencias de las conductas. Se anotaron por separado las conductas de los padres, y las de los niños para registrar diferencias y similitudes en la ocurrencia de las acciones epistémicas. La presencia de varios niños en la interacción no afectó el recuento de las conductas inspeccionadas ya que cada conducta era computada una vez por cada familia. En una segunda etapa se realizó un proceso de fiabilidad inter-jueces para la definición estricta de los criterios. Nueve casos (de un total de 34 familias) fueron analizados por dos juezas independientes. Se realizó un análisis de Kappa para las 10 categorías de video (cinco categorías para los padres y cinco para los hijos). Ocho de las categorías dieron un resultado entre .731 y 1.000, considerado entre bueno a muy bueno. La categoría de señalar de los niños tuvo resultado de 0.571 considerado como moderado y la de leer carteles de los padres .609, considerado bueno. Los casos en discrepancia fueron solucionados de común acuerdo.

Controlar la salida del aire: En un primer registro se observó que tanto los padres como los niños controlaban la salida del aire. Conformamos entonces una categoría definida como- Sostiene la mano, palma hacia arriba o hacia abajo, bajo la corriente del aire en dirección a la abertura del tubo. La acción de mirar hacia la abertura del tubo es también incluida en esta categoría.

Gestos- Señalar: Como en los estudios anteriores registramos el gesto de señalar ya que si bien da lugar a equívocos, es muy frecuente en el ámbito del museo donde la intención de las familias es en muchos casos, focalizar conjuntamente la atención. Definimos la conducta de señalar como indicar con la mano o el brazo, algún elemento o proceso (las personas pueden mirar o no hacia donde señalan).

Gestos que acompañan explicación: En los estudios previos observamos que tanto padres como niños hacen gestos que acompañan sus explicaciones (por ejemplo, gestos que indican la rotación de giro de las ruedas dentadas). En el módulo del aire las gesticulaciones indican la dirección de la corriente del aire, el movimiento de los objetos en la corriente del aire, la presencia del aire circundante o el punto de equilibrio en la que se hallan los elementos. Estas gesticulaciones acompañan explicaciones, preguntas o instrucciones sobre el manejo del módulo y ofrecen información agregada a la información verbal.

Leer carteles: Como ya habíamos definido en los estudios anteriores, definimos esta categoría como lectura en voz alta o en voz baja del cartel explicativo del módulo, tocando o sin tocar el cartel.

Usar el embudo para comparar: Este módulo consta de un elemento que no aparece en el cartel explicativo. Deseamos identificar si los visitantes lo utilizan para compararlo con los otros elementos (la pelota y la pelota con agujeros). Definimos esta categoría como colocar el embudo flexible dentro del embudo transparente para verificar si se queda en el lugar. No registramos ninguna otra actividad con el embudo (por ejemplo: tapar la salida del aire con el embudo invertido).

La tabla 8.4 resume la presencia de las conductas epistémicas, indicando el número de padres y el número de niños según la situación. Como puede observarse en la tabla, no se registran diferencias significativas en la ocurrencia de las conductas en las dos situaciones, o sea que hallamos conductas epistémicas en mayor o menor medida en la situación experimental y en la situación control.

	Control salida aire		Gesto señalar		Gestos explicación		Lectura carteles		Usar embudo		TOTAL
	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	
Situación experimental (n=17)	9	13	12	10	9	4	15	5	6	10	93
Situación de control (n=17)	12	14	10	8	12	4	14	6	5	6	91
TOTAL (n=34)	21	27	22	18	21	8	29	11	11	16	184

Tabla 8.4 - Conductas epistémicas en padres y niños según la situación.

Al comparar las acciones epistémicas de padres y niños, nos interesa identificar aquellas conductas en las que no se encuentran diferencias, si bien es de esperar que en algunas categorías haya diferencias considerables. Encontramos diferencias significativas en las conductas de leer los carteles y en la de los gestos que acompañan la explicación ($t(33) = 3.69, p < .001$) y ($t(33) = 4.73, p < .000$) respectivamente. Sin embargo, no encontramos diferencias significativas en las conductas de controlar la salida del aire, señalar y comparar. Como era de esperar la

conducta de leer los carteles es frecuente en los padres, y el 85% de los padres leen los carteles explicativos. Sin embargo es importante señalar que en el módulo del aire encontramos que un 33% de los niños de 5 a 10 años que leen los carteles. Tanto los padres como los niños controlan la salida del aire, conducta sugerida en el cartel explicativo. (60% de los padres y el 79% de los niños). La conducta de comparar el embudo con los otros elementos se da tanto en padres (32,3%) como en niños (47%). Recordamos que esta conducta no es mencionada en el cartel explicativo y que fue registrada para conformar el patrón de actuación de comparar al que nos referiremos más adelante.

Registro de patrones de actuación - Definimos anteriormente los patrones de actuación como los comportamientos típicos que exhiben los participantes en un determinado segmento de interactividad. Los patrones de actuación que definimos en este estudio se configuraron a partir de la interpretación de los datos obtenidos de las conversaciones y las interacciones y en base a los patrones definidos en los estudios anteriores. Presentamos en esta sección ejemplos de cada patrón de actuación, el sujeto que lo manifiesta (sean los padres, los niños o ambos), los contenidos de estas actuaciones y su desarrollo posterior.

INVITAR A VER: Esta categoría incluye toda expresión en la que los visitantes indican algo que les llama la atención. Estas frases son evidencia del acto de identificar y compartir algo significativo con otros miembros de la familia. Este patrón de actuación incluye frases en las que los individuos identifican el efecto, (**Mira como se sostiene**) mencionan características de los objetos (**La pelota con agujeros se cae**), verbalizan la acción del aire (**Siente aquí, ¿ves que el aire sale hacia abajo?**) y mencionan la paradoja (**En realidad el aire va hacia aquí y no hacia arriba, entonces ¿qué ocurre?**).

N - **Aquí, aquí, aquí.**

P - **Inténtalo, hazlo antes con ésta. No, hazlo suavemente. ¿Qué ocurre con la pelota? ¿Se queda arriba o se cae? Hazlo con ésta ahora. ¿Viste? Se cae.**

(Padre, niño (9), familia 86)⁵

En algunos casos el invitar a ver es una invitación a comprobar el efecto con los distintos elementos y verificar la dirección de la corriente del aire.

⁵ Las familias citadas llevan el número ordinal de la recolección de los datos, no el número ordinal de este estudio.

N - **Mamá, mira. El aire sale por aquí y aún así, la pelota se queda. Allí. También.**
(Madre, niña (12), niña (9), niño (4), familia 87)

N - **Si colocamos una pelota con agujeros se cae.**

P - *La pelota en el embudo. Apretar el botón y acercar la pelota a la abertura del embudo (en dirección hacia abajo). ¿Por qué la pelota no se cae? ¿Sale el aire del embudo o es aspirado hacia adentro?*

N - **Es aspirado.**

P - **Sale, mira los hilos.**

(Padre, niño (8), niño (9), familia 100)

En el módulo del aire el patrón de actuación de invitar a ver se relaciona frecuentemente con el efecto sorprendente, explicitando la paradoja. En algunos casos el invitar a ver es seguido de una explicación.

M - **Toma la pelota, colócala en el agujero. Colócala, la sostiene. Vamos colócala ahora. ¿Ves que la sostiene? Coloca la otra, sácala, coloca ésta. Coloca ésta después. ¿Por qué es así? Trae la pelota. Yo te explico. Ésta tiene agujeros, ¿verdad? La presión aquí lo agarra de arriba. La sostiene. Sin eso, sin eso. Coloca ésta y mira lo que ocurre. Hazlo otra vez. Se queda arriba, la presión, la presión la atrae.**

(Padre, madre, niño (9), niño (7), niña (5), familia 109)

COMPARAR⁶ es fijar la atención en dos o más objetos para descubrir sus diferencias o semejanzas. Las familias comparan el efecto con los distintos elementos.

M - **Ven, coloca esta pelota aquí. Acerca la pelota aquí, ¿por qué la pelota no se cae?, ¿por qué la pelota no se cae?**

N- **La corriente de aire.**

N - **¿Esta pelota se cae?**

M - **La presión del aire. ¿Por qué ésta se cae y ésta no?**

N- **Porque tiene agujeros.**

M- **El aire pasa por los agujeros.**

(Madre, niño (6), niña (10), familia 85)

Las comparaciones son también propuestas por los niños para indicar el efecto similar en ambos módulos.

N - **Aquí es lo mismo solo que con discos.**

(Padre, niño (6), niño (10), Madre, familia 97)

Algunas comparaciones conducen a la explicación del fenómeno.

⁶ No incluimos en el análisis el patrón de actuación CONTAR ya que dicha conducta no es relevante en este módulo.

- M - **Ven a ver si el disco se caerá o no. Disco sin agujeros. Toma el grande.**
 N - **Se caerá.**
 M - **¿Se caerá o no?**
 N - **No.**
 M - **Se parece a la pelota y la presión del aire. La corriente del aire ejerce una presión baja comparada a la presión alta. ¿Qué ocurre? ¿Se junta, por qué?**
 (Madre, Niño (6), Niño (5) familia 89).

EXPLICAR es un patrón de actuación definido como dar a conocer la causa o el motivo de algún fenómeno o acción. Según la definición de Eberbach y Crowley, (2005) antes referida encontramos en los museos distintos tipos de explicaciones: analógicas, basadas en principios, causales y explicaciones de procesos. Observamos en el módulo del aire explicaciones basadas en principios, en algunos casos correctas y en otros erróneas (como en el caso del vacío).

- P - **Hay aquí viento, yo te explico porqué.**
 N - **¿Por qué?**
 P - **El aire ahora, en el momento que lo toma, se escapa hacia los lados, ¿verdad? Lo que ocurre es que el aire que se escapa hacia los lados crea una presión hacia arriba.**
 (Padre, niña (7), niño (5), familia 81)
- P - **¿Sabes tú cómo se llama esto? Vacío. Ahora mira, cambiemos. ¿Qué dices? ¿Éste también se sujetará arriba?**
 (Padre, Madre, niño (6), familia 96)

En ocasiones los niños mayores les explican a los padres.

- N (14)- **No aspira, saca aire.**
 P - **Aspira, atrae.**
 N (14)- **No, siente tú lo que ocurre. Papá, escucha un momento. Siente con la mano. ¿Pone o saca aire? Lo que quiere decir que el aire en movimiento ejerce una presión más baja que la presión que ejerce el aire en reposo. Y entonces en el momento que el aire está en movimiento la presión... y se queda.**
 (Padre, niño, (14), niño (12), niño (8), niño (5), familia 91)

Encontramos asimismo algunas explicaciones causales.

- P - **XXX, ¿Tú entiendes porqué ocurre? ¿Por qué se junta?**
 N- **Yo creo...**
 P - **El aire sale y ejerce presión aquí y lo atrae. Trae el disco.**
 N - **Aquí esta.**
 P - **Y aquí no, el aire pasa por los agujeros. No va hacia los lados. El aire sale por abajo y no por los lados. Para crear presión de aire en el centro, se necesita aire hacia los lados. Lo mismo aquí.**
 (Padre, niño (8), niño (9), familia 100)

Estas explicaciones basadas en principios son de nivel más alto que las explicaciones analógicas ofrecidas por los niños.

- N- **Aquí, ése no sirve.**
N- **Ése no sirve porque tiene agujeros.**
(Padre, niño (6), niña (10), familia 99)

En ocasiones los padres piden explicación y los niños aventuran conceptos que relacionan con la ciencia.

- N- **¿Éste?**
M- **Aquí, XXX, mira cómo se sostiene. En realidad el aire va hacia aquí y no hacia arriba, entonces ¿qué ocurre? Siente aquí, ¿ves que el aire baja? ¿Y por qué la pelota sube?**
N- **No sé. ¿Fuerza de atracción?**
M- **No, no es la fuerza de atracción, es el principio de Bernoulli. Dice que *El aire en movimiento ejerce una presión más baja. Cuando el aire fluye aquí hace una presión baja. Inténtalo.***
(Madre, niña (7), familia 107)

Por ultimo, a raíz del uso de los carteles algunas explicaciones son corregidas.

- P- **¿Por qué no se cae? ¿Qué hay con esto?**
M- ***El aire en movimiento ejerce una presión más baja que la presión que ejerce el aire en reposo. Es el mismo principio que allí.***
P- **Ah, no es vacío.**
(Padre, Madre, niño (6), familia 96)

LEER CARTELES – Conducta definida como lectura en voz alta o la fijación de la mirada en el cartel explicativo del módulo. Los padres son los que leen los carteles, leyendo en voz alta, y repitiendo con sus palabras las preguntas y propuestas de los carteles (los textos de los carteles se anotan en *cursiva*).

- M- **Ah, un momento hay otra pelota. ¿Qué le ocurre a la pelota? ¿Qué le ocurre a la pelota? ¿Por qué? Pensé que se caería, ¿por qué? ¿Cómo se junta? El aire, siéntelo. Prueba sacarla, verás que es aspirado al lugar. Ahora prueba el de los agujeros. ¿Por qué se caerá? El aire entra a través. Está escrito: *el aire en movimiento ejerce una presión más baja y entonces lo puede sostener.***
(Madre, Niño (6), Niño (5) familia 89).

En algunos casos son los niños los que leen los carteles y comentan sus contenidos con los padres.

- N- **Papá, ¿por qué se queda en el aire? Si lo pruebas así el aire sale del tubo. Ahora con éste; ahora con el disco con agujeros. ¿Por qué se cae?**
P- **¿Se cae?**
N- **¿Qué se hace aquí? No entendí. *El aire en movimiento ejerce una presión baja.***
(Padre, Madre, niño (9), niño (7), niña (5), familia 109).

Por último algunos padres orientan a sus niños a leer los carteles y los niños leen las instrucciones y luego la explicación.

- P- **Primero lee lo que hay que hacer.**
N- **Vamos a ver.** *Apretar el botón y acercar la pelota a la abertura del embudo (en dirección hacia abajo). ¿Por qué la pelota no se cae? Se cae.*
P - **Apretar el botón.**
N - **¿Quizás es este?**
P - **Ah, verdad.**
N - *¿Por qué la pelota no se cae del embudo?*
P - **Tíralo en el aire. Mira como es atraído hacia arriba. Mira, pero te explican porqué ocurre, qué ocurre aquí.**
N - *El aire en movimiento ejerce una presión más baja que el aire en reposo.*
P - **Esto quiere decir que en realidad esta pelota se queda porque la presión aquí es menor que la presión aquí. Siempre sube en dirección hacia embudo.**
N - *El aire en movimiento que sale del embudo y pasa sobre la pelota ejerce una presión más baja que la del aire que se encuentra bajo la pelota. Así logra el aire de arriba mantener la pelota en el embudo.*
(Padre, niño (10), familia 102)

8.3.2.4 Análisis de una familia en detalle

En los análisis anteriores de un caso en profundidad habíamos elegido a una de las familias prototípicas seleccionadas por el programa SPADT. Al no haber podido utilizar este programa para analizar las conversaciones en el módulo del aire, elegimos una familia que sintetiza la mayoría de las conductas estudiadas para establecer las secuencias de significado (Coll y Rochera, 2000) y los mensajes explicitados. Con esto no proponemos que este caso sea prototípico sino que deseamos dar el contexto en el que las conductas aparecen en la interacción. La familia 101 de la situación experimental está compuesta por un padre, una madre, un niño de cinco años, una niña de seis, una niña de ocho y un niño de nueve años. El tiempo de interacción es de 4.50 minutos. Para identificar los contenidos explicitados por los visitantes, marcamos en *cursiva* los textos citados del cartel explicativo. Toda la familia (101) llega al módulo de la pelota en el que se encuentra a un niño de 8 años colocando la pelota en el embudo.

Madre	Padre	Niña (6)	Niño (5)	Niño (9)	Niña (8)
(Coloca el embudo flexible.) Miren éste, no se junta. Ah, sí.	(Lee el cartel.) <i>¿Por qué la pelota no se cae?</i>			(Señala la pelota sin agujeros.) ¿Éste?	
	Trae una pelota, ¿Por qué no se cae? Cuando colocamos una pelota, ¿Por qué no se cae?				
(Coloca la pelota con agujeros.) Se cae. ¿Sabes por qué se cae? ¿Y éste no?				Porque tiene agujeros.	
Correcto. (Coloca la pelota sin agujeros.)		(Señala en la pelota un agujero de entrada y otro de salida.) El aire pasa de aquí a aquí.			

La interacción comienza con una predicción de la madre (**Miren éste no se junta. Ah, sí.**) que manifiesta su sorpresa al observar el embudo flexible sostenido en la corriente. Tras verificar el efecto del embudo flexible, la madre intenta colocar la pelota con agujeros y pregunta a los niños por qué una pelota se sostiene y la otra no. Esta acción de corroborar el efecto con los diferentes elementos y de buscar una explicación puede ser interpretada como una comparación, seguida de un pedido de explicación de las diferencias del efecto de los objetos en la corriente. Los niños brindan explicaciones en términos de las características perceptivas de los objetos (**porque tiene agujeros, porque el aire pasa de aquí a aquí**). Al brindar esta explicación la niña señala el agujero de entrada y el de salida cada uno con una mano. Tanto niños como padres utilizan distintos tipos de gesticulación en sus explicaciones, en este caso la niña indica con el dedo los agujeros y la trayectoria de la corriente del aire. Notamos asimismo el rol del padre que lee en voz alta la pregunta formulada en el cartel explicativo y luego la repite dirigiendo la pregunta a sus hijos.

Madre	Padre	Niña (6)	Niño (5)	Niño (9)	Niña (8)
	<p>¿Y qué le ocurre? <i>¿Sale el aire del embudo o es aspirado hacia adentro?</i> (indica con el dedo hacia arriba.) ¿Entra (indica con el dedo hacia abajo) o sale aire?</p>				
(Controla la salida del aire.) Sale aire.	Aspira la pelota, ¿no es cierto? Trata de tirar de la pelota...				
(Indica con el dedo hacia abajo.) Sale aire.(a)	(Controla la salida del aire.) ¿Sale aire?(b)				
Solo en el momento que sale el aire, al poner una pelota (movimiento de la mano extendida del embudo hacia afuera que cesa bruscamente) no se sale. Tiene como un punto. (c)		(Muestra la pelota con agujeros.) Aquí sale el aire (señala la pelota sin agujeros.) Aquí no sale el aire.			
Porque tiene espacios, el aire (indica con el dedo hacia abajo varias veces) pasa por los espacios.	(Gesto hacia afuera del embudo y hacia adentro.) ¿Y cómo si sale aire...? (Lee el cartel en silencio.)		(Intenta tapar la salida del aire con el embudo flexible.)		



El padre continúa leyendo el cartel y formula la pregunta sobre la dirección del aire, acompañando la pregunta con una gesticulación hacia abajo (**¿Sale el aire**) y hacia arriba (**o es aspirado?**). A continuación el padre agrega su explicación del fenómeno: el aire es aspirado y por lo tanto chupa la pelota, con el gesto de subir la mano dos veces consecutivas indicando el movimiento de la pelota en la corriente (**¿o el movimiento del aire?**). La madre controla la salida del aire y discute con el padre indicando que el aire sale (gesticulando con el dedo en dirección hacia abajo) y formulando la paradoja: (**Solo al salir el aire la pelota se queda**). Indica asimismo que tiene como un

punto (¿de equilibrio?) donde ocurre el efecto, a comparación de la pelota con agujeros que el aire atraviesa (gesto de entrar y salir con el dedo por los agujeros). El padre controla la salida del aire y formula la pregunta - ¿Y cómo si sale aire...? haciendo explícita su sorpresa. Podemos interpretar a partir de la explicación ofrecida anteriormente, que el padre esperaba que la pelota se mantuviera en su lugar por el efecto de "succión". Frente a la sorpresa de que el aire sale, el padre permanece leyendo el cartel explicativo. Los niños pequeños introducen las pelotas en el embudo alternativamente e intentan impedir la salida del aire tapándola con el embudo flexible, ajenos a la discusión de los padres.

Madre	Padre	Niña (6)	Niño (5)	Niño (9)	Niña (8)
Leamos, yo no sé. (Pasa al otro módulo.)	¿Sabes tú cuál es el principio aquí? Escucha. Aquí es el principio de Bernoulli que establece que el aire en movimiento ejerce una presión más baja que la presión que ejerce el aire en reposo.				
(Dirigiéndose a la niña (8) que intenta alejarse.) Ven a escuchar lo que dice.	¿Entiendes? Digamos que una pelota, si no hay aire la pelota se caerá. Si hay aire hay menos presión, por eso la pelota se queda en el lugar. ¿Ves? Aún cuando el aire sale, porque está en movimiento, el aire ejerce una presión menor que el aire en reposo, por eso la pelota se queda.		(Intenta poner el disco pequeño en el módulo.)		

Ante la imposibilidad de encontrar una explicación satisfactoria, la madre propone leer la explicación del cartel, agregando que desconoce el fenómeno. El padre lee en voz alta algunas frases del cartel para pasar luego a explicar con sus propias palabras la diferencia de presiones, formulando explícitamente la paradoja que antes no había percibido. - Aún cuando el aire sale porque está en movimiento, el aire ejerce una presión menor que el aire en reposo, por eso la pelota se queda.

Madre	Padre	Niña (6)	Niño (5)	Niño (9)	Niña (8)
(Gesto de controlar el aire, lee el cartel.) Aprieta el botón. <i>Acercar un disco a la abertura. ¿Por qué?</i> Momento, Ay. El aire sale, ¿lo ves? (d)		Yo quiero. (coloca el disco grande) Mamá, ¿por qué éste no se pega?	Ah, porque está abierto.	(Controla la salida del aire del embudo.)	
(Al padre) ¿Entiendes tú lo que ocurre aquí?	(Al niño (9)) ¿Entiendes tú lo que ocurre aquí? Justamente porque el aire está en movimiento tiene menos presión que el aire en reposo.				¿Por qué se queda? ¿Por qué se queda?



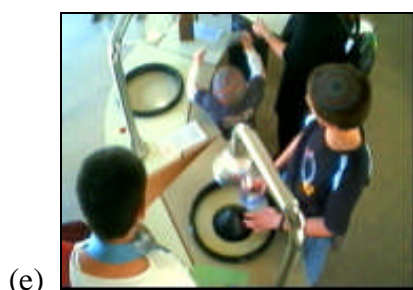
(d)

La madre se dirige al módulo del disco con el niño de cinco años y la niña de ocho años y controla la salida del aire mientras el niño trata de colocar el disco pequeño en la corriente. Al no lograr que se sostenga, el niño infiere una explicación (**Ah, porque está abierto**). Al parecer, esto se relaciona con el hecho de que el disco pequeño se desliza hacia los lados. En esta posición del disco, queda abierta la salida del aire y no se observa el efecto. (Recordamos que los topes están colocados de manera que el disco grande se mantenga en el lugar y la limitada exploración en los módulos contra-intuitivos para que ocurran los efectos). La madre toma el disco grande y lo coloca. La niña repite la pregunta indicando que el efecto no le resulta conocido ni esperado. A su vez el padre continúa la explicación dirigida al niño de 9 años (las explicaciones dirigidas a los niños y no a la niña).

Madre	Padre	Niña (6)	Niño (5)	Niño (9)	Niña (8)
(A la niña (8) ¿Sabes tú por que se queda? Éste se queda y éste no se queda. La presión del aire en reposo es menor que el aire en movimiento. Es lo que esta escrito. <i>El aire en movimiento ejerce una presión baja al contrario comparada a la presión que ejerce el aire en reposo.</i>)	El aire en movimiento ejerce una presión menor que el aire en reposo.		(Coloca el disco grande y lo señala.) Ay, mira yo lo hice.	(Intenta colocar el disco pequeño por encima del disco grande.)	Tú lo hiciste.
Eso es.	La pelota se queda en el lugar porque no tiene presión. Ven aquí.		(Aprieta el botón)¿Y si hago así?	(Se pasa con el padre a otro módulo.)	

La madre intenta explicar con sus palabras el fenómeno, confundiendo la ubicación de las diferentes presiones. Al revisar el cartel se corrige y lee en voz alta la explicación correcta. El padre confirma que el aire en movimiento ejerce una presión menor, pero agrega que la pelota se queda en el lugar ya que no se ejercen presiones sobre ella. El padre recurre a una concepción mencionada por varios autores (Besson, 2004; Engel Clough y Driver, 1985; Séré, 1982) en la que en situaciones de equilibrio no se ejercen fuerzas. Destacamos la insistencia de los padres en corroborar que los niños entiendan el fenómeno. Esta insistencia se explicita en la pregunta reiterada que dirigen hacia los niños sobre la comprensión del fenómeno. Los padres generalmente no esperan la respuesta, y elaboran una explicación a partir de los conceptos mencionados en el cartel. Estas explicaciones parafrasean en ocasiones, explicaciones de los niños (**este es fuerte**) o explicitan concepciones propias (**La pelota se queda en el lugar porque no tiene presión.**), en algunos casos no coincidentes con las teorías científicas.

Madre	Padre	Niña (6)	Niño (5)	Niño (9)	Niña (8)
Lo detendrá. Se detendrá y listo. Hazlo ya. (indica un signo pare con mano) Ah, se detiene solo. Vamos a ver otra cosa.			(Coloca el disco pequeño) Entendí, (intenta doblar el disco pequeño.) Entendí porqué es así. (e)		
¿Qué entendiste?			(Intenta doblar el disco grande) Es blando.		
(Toma el disco de las manos del niño y lo coloca en la salida del aire) No porque es blando, antes que nada..			Éste es fuerte.		
Es simplemente por el aire. Veamos. El aire que fluye arriba (hace un movimiento hacia arriba con la mano) es más débil que el aire de abajo.			(Coloca el disco con agujeros sobre el disco grande y los coloca en la corriente) ¿Y si hago así? (los discos se caen y se pasa a otro módulo). (f)		



En la última parte de la interacción de la madre y el niño de cinco años, el niño plantea distintas propuestas de acción. La primera está orientada a verificar si puede anular la corriente del aire, apretando el botón. Lo intenta varias veces sin lograrlo hasta que la madre menciona que la corriente se interrumpirá sin su intervención. Una segunda iniciativa del niño es su exclamación- **Entendí**. A la pregunta de la madre, el niño responde que ha registrado que un disco es flexible y el otro no y que esa es la razón por la cual un disco se sostiene en el aire. La madre reitera la relación del aire en movimiento y el aire en reposo pero en esta ocasión sin usar la palabra presión sino utilizando los adjetivos fuerte y débil, antes mencionados por el niño en otro contexto. Advertimos en este caso que frente a la necesidad de explicar un concepto complejo la madre recurre a una imagen antropomórfica del aire (el aire es fuerte) que fue definida como un primer paso hacia la concepción de la presión en los niños por Séré (1986). Una tercera propuesta del niño nos indica que está indagando el fenómeno y sus límites. El niño se pregunta en voz alta qué sucederá al juntar dos discos y ponerlos en la corriente. Este tipo de indagación nos confirma la parte exploratoria de los módulos

del aire: estos módulos invitan no solo a buscar explicaciones sino a jugar con el fenómeno (Humphrey y Gutwill, 2005): en nuestro caso el niño intenta tapar los agujeros del disco agujereado con el disco liso, ya que pone el disco liso debajo del agujereado. Módulos como éste permiten a niños y adultos comparar el efecto con los distintos elementos y controlar si la diferencia de presiones sostiene dos discos. Si bien no estudiamos esta acción epistémica ya que no se produjo con frecuencia, describimos esta iniciativa del niño ya que refleja que su actividad obedece a una pregunta específica que parece formularse.

Resumiendo, en esta familia podemos ver:

- *El progresivo planteamiento de la paradoja* - La explicitación del fenómeno en términos que permiten confrontar las expectativas basadas en conocimientos previos y el efecto demostrado contrario a estas expectativas. En el museo, los visitantes encuentran efectos curiosos y una de las maneras de reaccionar frente a ellos es explicitar de qué manera se diferencian de lo conocido, definiéndolos como contradicciones o casos contrarios a las reglas y a las teorías cotidianas. Un paso más adelantado es tratar de explicarlos haciendo eco de las explicaciones en los carteles o bien generando una explicación propia.
- *La insistencia de los niños en preguntar y la confusión de los padres al explicar los contenidos contra-intuitivos* - Vemos en este ejemplo que los niños preguntan repetidas veces y los padres contestan y repiten la explicación. Nuevamente frente a estos conceptos contra intuitivos, los padres parecen necesitar explicar más de una vez el efecto, si bien al utilizar sus propias palabras y tratar de adaptarlas a sus hijos, notamos que recurren a explicaciones antropomórficas (**El aire que fluye arriba es más débil que el aire de abajo**) y a concepciones alternativas (**La pelota se queda en el lugar porque no tiene presión**). Leen los carteles y al explicarlo por sí mismos, los adultos insisten en la diferencia marcada en el cartel pero la traducen al concepto de fuerza que consideran más comprensible para sus niños y que además se relaciona con sus propias teorías intuitivas.

- *Variedad de conductas epistémicas y de patrones de actuación* - Es interesante notar que no se hace mención de las cintas al indicar la dirección de la salida del aire y que a pesar de la presencia de las cintas en la situación experimental encontramos que la conducta de controlar la salida del aire se repite varias veces. Los visitantes no parecen notar el efecto de las cintas, confiando principalmente en sus sensaciones al establecer los juicios.

Registramos a lo largo de la interacción gestos relacionados con las características de los elementos, otros que indican la dirección de la corriente del aire y aquellos que indican el movimiento de los objetos en la corriente. Estos gestos acompañan explicaciones: por un lado parecen visualizar lo invisible (la corriente del aire), pero por el otro visualizan el movimiento de la pelota (movimiento ascendente de la mano que frena bruscamente). Este gesto visualiza información no presente en las palabras de la madre que se relaciona con la trayectoria que sigue la pelota hasta el punto de equilibrio. Confirmamos en esta secuencia que el patrón de actuación de **INVITAR A VER** se relaciona con la paradoja del efecto observado. Notamos asimismo que en un momento el padre parece confundido por el efecto, pero que su preconcepción es corregido por el cartel y que a partir de éste, puede explicarlo con sus propias palabras. Identificamos secuencias de lecturas y explicaciones de los padres entre sí y de los padres a los niños.

8.4 DISCUSIÓN

En este estudio examinamos las interacciones de padres y niños con un módulo interactivo que presentan contenidos contra-intuitivos (el módulo del *Aire en movimiento*). Nuestro fin es identificar ayudas que brinden al visitante la posibilidad de explicitar los contenidos contra-intuitivos en relación a sus conocimientos previos. Se registraron los contenidos explicitados en situaciones en las cuales representaciones externas marcaban la dirección del aire y sin ellas. No se registraron diferencias entre las dos situaciones: el tiempo de interacción y los contenidos mayormente explicitados en ambas situaciones fueron similares. La paradoja frente al fenómeno fue expresada en ambas situaciones. Asimismo, más de la mitad del total de

las familias formuló la explicación del fenómeno en términos de presiones y se encontró una correlación entre la frecuencia de la mención de la paradoja y la mención de la diferencia de presiones. Al comparar las acciones epistémicas registradas en el video, no se observaron diferencias entre las situaciones. Diferencias significativas se encontraron al analizar las conductas de padres y niños: en las conductas de leer los carteles (siendo los carteles leídos por un 85% de los padres y por un 33% de los niños) y en la de los gestos que acompañan la explicación (exhibidos por los padres en un 61.7% y por los niños en un 23.5%). No se encontraron diferencias entre padres y niños en las conductas de controlar la salida del aire, señalar y comparar.

Organizamos la discusión en torno a las preguntas que definimos al comienzo del capítulo:

- Contenidos explicitados en situaciones contra-intuitivas
- Uso de las Representaciones Externas- cintas y carteles
- Explicitación de la actitud y la agencia, indicios de cambio conceptual

8.4.1 Contenidos explicitados en situaciones contra-intuitivas

A la luz de los datos de esta investigación rechazamos la hipótesis que determinaba que habría más errores conceptuales relacionados con el vacío en la situación control. Aunque algunas familias de la situación de control mencionan el vacío, la mayoría de estos errores se corrigen durante la interacción. Incluso, no son los niños los que hablan del vacío, sino los padres. Analizamos primero las conductas de los niños: Si bien en las investigaciones de Séré (1986) y Tytler (1998) los niños mencionaban el vacío, el módulo del aire (aire en movimiento sin recurrir a recipientes cerrados) no despertó esta explicación en los niños. Como vimos en el análisis detallado de una familia, los adultos discuten entre sí, mientras los niños exploran los límites del fenómeno, despreocupados de la explicación. El efecto curioso desconocido (una pelota que se sostiene en el aire y no se cae) parece haber disparado la exploración en los niños con el objetivo de reducir la sensación de desconocimiento (Litman *et al.*, 2005). Con respecto a los padres: Pocos padres

interpretan el fenómeno en términos de vacío. Nos preguntábamos anteriormente acerca de las interpretaciones erróneas de los fenómenos contra-intuitivos en un museo: ¿Acaso los visitantes no logran observar el efecto del aire que sale del embudo? Solo tres padres mencionan el vacío. En la vida cotidiana la explicación dada a varios fenómenos de adhesión o absorción utiliza este concepto, pero esta la explicación no es utilizada para describir el fenómeno en el módulo del aire. Podemos afirmar entonces que el fenómeno observado es identificado como evidencia contraria a lo cotidiano. Reconocer que la información es contraria a las expectativas implica que es identificada como información errónea (Dunbar, Fugelsang y Stein, 2007), o como evidencia anómala (Chinn y Brewer, 1993, 2001). Posteriormente se debe construir una nueva representación que revise la anterior (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Vosniadou et al, 2001). Los padres al identificar el caso anómalo, parecen detener una interpretación automática del fenómeno en términos conocidos y parecen estar negando la relación causal (Chinn y Brewer, 2001) – o sea que el aire siempre empuja. Frente a un efecto que no puede ser interpretado según los conocimientos previos del visitante, se despierta una actitud de duda, una curiosidad epistémica que reconoce la paradoja y orienta a los padres a buscar explicaciones en el cartel. La misma elección de un fenómeno sorprendente en el marco de un museo parece provocar un suspenso (Chinn y Brewer, 1993; Pozo, 2003) de las interpretaciones de la física intuitiva y despertar una actitud epistémica (Dienes y Perner, 1999). Esto concuerda con el ciclo de descubrimiento guiado (Fenómeno sorprendente, Exploración, Explicación y Relevancia planteado por el Exploratorium (Allen, 2004).

Dado el alto número de padres que explicitan la paradoja, entendemos que consideran importante presentar la contradicción a sus hijos. La mención de la paradoja parece confirmar que los visitantes poseen expectativas (en este caso el fenómeno contradice la experiencia cotidiana que nos enseña que las corrientes de aire en general empujan, ejerciendo una fuerza en la dirección de la corriente) si bien las expectativas no se hacen explícitas. Consideramos la posibilidad de que niños y padres se sorprendan por razones diferentes: los niños quizás encuentren sorprendente el efecto de que la pelota no se caiga cuando su física intuitiva les indica que los objetos no sostenidos caen por el efecto de la gravedad. Para los adultos el efecto asombroso sería que el aire no empuje a la pelota. Los padres insisten en describir el

fenómeno mencionando la corriente del aire como condición del efecto. La misma descripción de la paradoja podría estar apoyando una redescipción representacional (Karmiloff- Smith, 1992; Pozo, 2001, 2003) ya que pasar de una condición de estado (la pelota se queda) a los procesos en este módulo (la pelota se queda justo cuando el aire sale) implica el reconocimiento de la relación entre el aire y la pelota.

8.4.2 Uso de las Representaciones Externas- cintas y carteles

Una de las hipótesis de este estudio argumentaba que era de esperar que en la situación experimental las cintas fueran utilizadas durante la interacción para indicar la dirección del aire y para controlar cómo se modifica la corriente al acercar los objetos. No encontramos datos que soporten esta hipótesis ya que las cintas fueron mencionadas de manera muy limitada y la conducta de controlar el aire no disminuyó en la situación experimental. Las cintas fueron diseñadas según el principio de comprensión inmediata, por el cual la estructura y el contenido deben ser percibidos y comprendidos correctamente (Allen, 2004). La ausencia de la mención de las cintas para mostrar la dirección de la salida del aire nos indica que el efecto visualizador de este tipo de representaciones externas fue limitado. Podemos interpretar este dato de dos maneras: o que las cintas se hacen innecesarias ya que la explicación en términos de succión no fue despertada o que los visitantes prefieren controlar la salida del aire ya que sus sensaciones táctiles son alternativas más confiables al establecer los juicios. Pero las cintas tampoco lograron llamar la atención hacia elementos esenciales para la solución del problema (Scaife y Rogers, 1996) que en el módulo del aire se relacionan con la variación de la corriente al acercar los objetos. Este elemento pasó desapercibido, quizás faltando al principio de congruencia por el cual la estructura y el contenido de una visualización deben corresponder con la estructura mental y el contenido deseados (Tversky, 2005). Además, si bien en los estudios anteriores de esta tesis las representaciones externas orientaron y restringieron la tarea, en el módulo contra-intuitivo las cintas no tuvieron efecto. Interpretamos que estas representaciones no entran dentro de la categorías de representaciones interesantes (Gutwill, 2008) o de representaciones que funcionan como *affordances* cognitivas para promover la exploración de la variación de la corriente del aire por lo

que resultan inefectivas. Los módulos contra-intuitivos conservarían en este caso características del aprendizaje por inducción (Schwartz y Martin, 2006) en el que el entorno estable puede ofrecer *feed-back* y restricciones. Las características del módulo permiten descubrir las regularidades estructurales del entorno (**la pelota sin agujeros se queda y la pelota con agujeros se cae**). El entorno no cambia su estructura básica durante la manipulación. Constatamos que el fenómeno contra-intuitivo constituye un módulo de descubrimiento planificado, que marca un itinerario de descubrimiento estructurado por el museo: elementos a observar predeterminados, descripciones claras, orientados a conceptos específicos generalmente apoyados por los carteles explicativos.

Vemos por ejemplo que la mayoría de los padres (85%) y un tercio de los niños (33%) leen el cartel. Algunos padres leen en voz alta los carteles y otros los leen en voz baja y expresan los contenidos en sus propias palabras. Los carteles ya considerados anteriormente como representaciones externas ofrecen a los padres el apoyo necesario para explicar el efecto contra-intuitivo ya que explicarlo exige una reorganización de sus propios conocimientos. Recordamos que en el ámbito de los museos el porcentaje de lectura de textos en algunas exhibiciones es de más de 70% (McManus, 1989), si bien otras investigaciones han encontrado porcentajes menores (Allen, 2002). En nuestro caso, al enfrentarse con el fenómeno curioso, no saber qué hacer y cómo observar y comprender el efecto, padres e hijos usan los carteles. Esta lectura lleva a un alto grado de explicaciones basadas en principios en los que registramos el principio de Bernoulli y el mismo principio al comparar dos módulos. Sin embargo, algunos visitantes hablan del efecto pero no de su explicación. Es posible que estos padres consideren que los conceptos involucrados son demasiado difíciles para los niños e inclusive para sí mismos y se limiten a definir el fenómeno en términos de la paradoja, sin elaborar una explicación en términos de presiones. No tenemos datos en esta investigación para verificar esta hipótesis. Este aspecto del uso de los carteles no ha sido estudiado hasta el momento por lo que ignoramos qué tipo de consideraciones toman los padres al explicitar (o no) los contenidos del cartel. El porcentaje alto de lectura frente a este módulo puede deberse a que esta sala fuera la primera exhibición visitada para algunas familias. Sin embargo, como ya hemos registrado, 14 familias fueron incluidas también en el análisis de la *Mesa de las*

ruedas dentadas y allí el porcentaje de la lectura se reducía a un 50%. Además, si bien algunos niños leen ya que sus padres se lo indican, aun así el porcentaje de niños que leen los carteles es alto. Volveremos sobre este punto en el capítulo siguiente en el que compararemos los tres estudios.

8.4.3 Explicitación de la actitud y la agencia, indicios de cambio conceptual

Como ya habíamos mencionado, la explicitación es el proceso que posibilita la reestructuración de las representaciones. Enfocamos la explicitación en tres niveles diferentes: el objeto (los contenidos), la actitud (la relación del sujeto con estos contenidos) y la agencia (la expresa relación de estos contenidos con conocimientos anteriores de la persona) (Dienes y Perner, 1999) y en este capítulo nos interesamos en la explicitación de la agencia ya que esta categoría es particularmente importante al tratarse de conceptos contra-intuitivos. En las investigaciones en museos en las que se analizó el porcentaje de expresiones que incluían elementos de meta-cognición o relación con experiencias pasadas se encontraron pocas evidencias de este tipo de expresiones durante las visitas a los museos (Allen, 2002; McManus, 1989). En nuestro estudio vinculamos la paradoja con la agencia: Al expresar la paradoja se expresa la sorpresa frente al efecto (**el aire no empuja**) y se relaciona el efecto (**la pelota no cae**) con el aire que sale. Al explicitar la incongruencia, los visitantes estarían realizando un ajuste de los contenidos por lo que consideramos la expresión de la paradoja como una forma de redescrición representacional que nos recuerda la categoría de disociación de conceptos referida por Anderson *et al.*, (2003). Consideramos este tipo de intercambios como intentos de los padres de apoyar la descomposición de los elementos (Metz, 1991) y la simultaneidad de los dos efectos para la ocurrencia del efecto. La redescrición en el módulo del aire (**Solo cuando el aire sale el objeto se sostiene**) manifiesta la relación entre dos entidades, o sea una relación objeto-objeto (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Sin embargo, este efecto sorprendente o anómalo probablemente no sea efectivo para inducir el cambio conceptual (Vosniadou y Ioannides, 1998) y quizás las explicaciones sean válidas en el contexto del museo exclusivamente.

Buscamos asimismo indicios de actitudes epistémicas frente a los módulos contra-intuitivos. Como ya señalamos en los estudios anteriores, la comparación puede ser considerada como una actitud epistémica explícita. En nuestro estudio identificamos dos tipos de comparaciones:

1. *Dos módulos sobre el mismo tema son comparados* (en ambos subyace el mismo principio).
2. *Los elementos en el módulo se comparan unos a los otros para extraer las características de los objetos que se sostienen en equilibrio.*

Los módulos de este estudio permitieron hacer distintos tipos de comparaciones: los objetos agujereados frente a los objetos lisos, los grandes frente a los pequeños, los discos frente a las pelotas. Estos indicios de comparación se apoyan en características superficiales de los elementos que, si bien no explican el fenómeno, permiten realizar predicciones y preparan la búsqueda de explicaciones. En la interacción con estos módulos los padres estarían ofreciendo al niño la posibilidad de ejercitar los modos de ver de la ciencia, pidiendo y ofreciendo explicaciones sobre los principios que subyacen los efectos curiosos observados (Crowley *et al.*, (2001); Eberbach y Crowley, (2005). Aún más, las comparaciones basadas en un mismo principio estarían contribuyendo a la extracción de esquemas: (Gentner, Loewenstein, y Thompson, 2003; Hammer *et al.*, ,2005), si bien los contenidos del módulo son particularmente complejos.

En nuestra búsqueda de la explicitación en museos identificamos finalmente los códigos a través de los cuales se exteriorizan las concepciones de los visitantes. En los estudios anteriores habíamos identificado gestos de señalar y gestos que brindan información espacial (por ej. aquellos que acompañan la rotación en la *Mesa de las ruedas dentadas*). En el módulo del aire, los gestos brindan información sobre el movimiento del aire, el movimiento de la pelota hasta llegar a su posición de equilibrio y sobre las características de los elementos del módulo. Consideramos que es importante en el módulo del aire profundizar sobre el tema de los gestos, dada su variedad y su frecuencia (60%) en las interacciones. De la vasta literatura sobre los

gestos nos circunscribimos a las gesticulaciones (Kendon, 1997) que acompañan espontáneamente a las explicaciones. Los gestos a los que nos referimos se relacionan semánticamente con los contenidos expresados de forma verbal. Si bien para algunos autores los gestos apoyan la generación de las palabras (Krauss y Hadar, 1999), para otros ofrecen información diferente y complementaria a la información verbal (Alibali, *et al.*, 2000). Incluimos los gestos dentro de la gama de códigos a través de los cuales se transfiere la información, si bien no siempre los gestos son generados con esta intención. De esta manera es posible para los padres y para los niños extraer información de los gestos ya que utilizan elementos visuales y relaciones espaciales para brindar información sobre objetos y relaciones. Por ejemplo, la madre acompaña su explicación con el movimiento de la mano hacia arriba. (**M - El aire que fluye arriba** (hace un movimiento hacia arriba con la mano) **es más débil que el aire de abajo**). Esta información no se halla presente en la explicación verbal y aparenta indicar el movimiento de la pelota en la corriente. Recordamos que marcar los mecanismos por los que se llega al equilibrio apoya la comprensión de estas situaciones de equilibrio (Besson, 2004). El gesto de la madre podría estar representando información sobre este mecanismo. Las concepciones de los visitantes se explicitan en las conversaciones y se reflejan en los gestos que acompañan las explicaciones de los conocimientos abstractos y contra-intuitivos. Así, los gestos registrados en el módulo del aire expresaron distintos contenidos y visualizaron relaciones espaciales. Además, los padres al gesticular organizan su propio pensamiento (Alibali, *et al.*, 2000) y apoyan el aprendizaje de sus hijos (Goldin-Meadow, 2004).

Emprendimos el estudio del módulo del aire para comprender la manera de interactuar de las familias frente a módulos que presentan efectos contra-intuitivos que imponen exigencias cognitivas a los visitantes. Podemos concluir que el módulo del aire logra sorprender y estimular actitudes epistémicas, (particularmente los patrones de actuación de **LEER**, y **EXPLICAR**) y conductas epistémicas (los gestos que acompañan la explicación). Los visitantes hacen más esfuerzo en buscar explicaciones y en explicar a otros, actitud reflejada en el alto número de lectura de los carteles. El mero desconocimiento podría despertar un menor nivel de curiosidad (Lowenstein, 1994). Las dificultades conceptuales que el módulo presenta y la necesidad de relacionar estos efectos con los efectos conocidos a partir de la

extracción de regularidades son parte de la interacción con el módulo. La mención de la paradoja explícitamente parece favorecer la búsqueda de una explicación en términos de diferencia de presiones y es en nuestro caso obtenida en el cartel explicativo. Retomando las limitaciones conceptuales descritas en la introducción: la misma complejidad del módulo y no solo el desconocimiento sostienen la interacción. Aun así, y en concordancia con otras investigaciones (Humprey y Gutwill, 2005), la dependencia de los carteles es alta y la exploración limitada ya que las visualizaciones no conducen a la exploración del fenómeno.

Pasamos a continuación al capítulo siguiente en el que compararemos los tres estudios y analizaremos la función de las representaciones externas en los distintos niveles de complejidad de los contenidos presentados en los módulos.

Capítulo 9

DISCUSIÓN GENERAL

Capítulo 9

DISCUSIÓN GENERAL

De hecho, la objetividad científica solo es posible si se ha roto con el objeto inmediato, si se ha rehusado la seducción de la primera impresión. Toda objetividad debidamente verificada, desmiente el primer contacto con el objeto.

Gastón Bachelard, 1973, p. 147

9.1 PRINCIPALES CONTRIBUCIONES

En esta tesis se han presentado tres estudios relacionados con el aprendizaje informal de ciencias en el marco de un museo. El objetivo general de esta investigación es comprender el papel que juegan los módulos interactivos en un museo de ciencias, comprender de qué manera son utilizados por los visitantes y de qué forma apoyan el aprendizaje científico. Específicamente cómo puede el diseño de los módulos interactivos favorecer la explicitación de los mensajes del módulo, las entidades relevantes para el efecto y la relación entre dichas entidades.

Nos ubicamos dentro de la línea de investigación en museos basada en las conversaciones de los visitantes como índices de aprendizaje (Leinhardt y Knutson, 2002). Dentro de este marco de análisis, varias investigaciones han identificado actos de habla durante la visita a exposiciones a museos de ciencias (Allen, 2002; Crowley *et al.*, 2001) indicadores de aprendizaje familiar (Borun *et al.*, 1996, 1998) y percepción de los visitantes de núcleos temáticos de las exposiciones en museos de arte, historia y ciencias (Leinhardt y Knutson, 2004; ver Ash, 2003 para exposiciones relacionadas con temas de biología). Principios generales de diseño, relativos a la interacción y la mediación han sido propuestos por Gelman *et al.*, (1991), Perry (1992), Borun *et al.*, (1998), Barriault (1999), Martin y Toon (2003), Allen (2004), Humphrey y Gutwill (2005) y Meisner *et al.*, (2007). Asimismo, encontramos investigaciones focalizadas en módulos interactivos específicos que registran el aprendizaje que provocan módulos sobre temas de óptica (Allen, 1997; Feher, 1990) fluidos (Stevens y Hall, 1997), y astronomía (Borun, Massey y Lutter, 1993; Falcao *et*

al., 2004). Una visión más general es presentada por Gilbert y Stoklmayer (2001) que analizan los módulos como modelos y la recepción de los visitantes según el tipo de relación entre los fenómenos y las analogías presentadas en los mismos.

Sin embargo, hasta la fecha no se han analizado conversaciones en museos relacionando los mensajes del módulo con las tareas que los visitantes son invitados a realizar; en otras palabras: conectando representaciones externas en los módulos interactivos - objetos, marcas y carteles- con los contenidos que los visitantes mencionan. Buscamos enmarcar la explicitación de contenidos como cambio conceptual e identificar ajustes y revisiones de los conocimientos de los visitantes. Para confirmar de qué manera influyen representaciones externas específicas en la explicitación de los mensajes del módulo, revisamos elementos del diseño de módulos interactivos que apoyaran la mención de los contenidos. Este análisis nos ha sido útil para considerar las dificultades representacionales en módulos existentes y planificar las situaciones experimentales de los tres estudios que comprende esta tesis: los módulos estudiados revelan aspectos de los contenidos mencionados por los visitantes, en función de la complejidad de los fenómenos presentados e identificando ajustes y revisiones de conocimientos previos durante las conversaciones. Asimismo identificamos conductas epistémicas específicas para cada módulo (las conductas orientadas a comprender el estado del módulo o a mostrar el estado del módulo a otro integrante de la familia) y actitudes epistémicas generales (patrones de actuación que muestran la relación cognitiva del sujeto con una situación o contexto).

El marco del cambio conceptual nos ha sido útil para señalar aspectos del aprendizaje de las ciencias relevantes en el marco del museo como contextos que apoyan el desarrollo de conductas y actitudes epistémicas. La referencia al contexto nos ha orientado a incluir elementos situacionales (sea la orientación a tareas pragmáticas o empíricas), cognitivos (para cada tarea son necesarios marcos teóricos diferentes) y culturales (los valores y las normas relativos a tareas específicas) (Halldén, 1999; Halldén, Scheja, y Haglund, 2008). Los museos son lugares donde el público se pone en contacto con los fenómenos que el museo enmarca y hace sobresalir. El museo recorta algunos de los fenómenos que la ciencia observa para que puedan ser identificados por los visitantes. Al observar las tareas desarrolladas en el

museo, podemos también identificar de qué manera los visitantes definen los objetivos del museo y desarrollan conductas en función de estos objetivos.

Considerando que algunos conceptos son más accesibles que otros, incluimos en esta tesis estudios relativos a módulos interactivos que exigen diferentes niveles de elaboración por parte del visitante, pasando de los más cotidianos (espejos), a los menos conocidos (ruedas dentadas) y a los contra-intuitivos (aire en movimiento). En la *Salita de espejos* identificamos las características de los módulos interactivos que apoyan la exploración de los contenidos que el módulo ofrece. Realizamos inicialmente un análisis funcional (Tabla 9.1 para el módulo de los espejos) que relaciona los mensajes del museo, las propuestas iniciales básicas, la propuesta interactiva, la estructura y despliegue de la información explícita, implícita y conceptual.

ANÁLISIS FUNCIONAL (Los mensajes del museo)	Reflexión y Multiplicación de imágenes (efecto de infinito) Direcciones Ilusiones Relación entre el número de imágenes en cada esquina y el ángulo de inserción de los espejos.
ANÁLISIS DEL USUARIO (Propuestas iniciales básicas)	Verse reflejado en los espejos. Descubrir imágenes de sí mismo (verse la espalda, verse desde arriba). Moverse en el cuarto para ver las imágenes en movimiento.
ANÁLISIS DE LAS TAREAS (Propuesta interactiva, procedimientos conductas, restricciones a la acción)	Focalizar la atención a las esquinas. Contar el número de imágenes (del cuerpo o de los objetos) en cada esquina. Comparar el número de imágenes en las distintas esquinas. Hacer variaciones de la ubicación del cuerpo y los objetos para verificar el efecto de la simetría y la multiplicación.
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN (Niveles de complejidad y despliegue de la información)	<u>Información explícita</u> : El número de imágenes en cada esquina es diferente. <u>Información implícita</u> : En el ángulo más pequeño hay más imágenes. <u>Información conceptual</u> : Cuánto más pequeño es el ángulo de intersección de los espejos, mayor cantidad de imágenes se ven reflejadas

Tabla 9.1: Análisis funcional del módulo de los espejos a partir de Gutwill y Thogersen, (2005), Postigo y Pozo, (2004) y Zhang, Johnson, Malin y Smith (2002).

Este análisis nos permitió localizar aquellos elementos que representan contenidos implícitos en la *Salita de los espejos* y elegir las representaciones externas que fijaran la atención hacia un mensaje en particular: el número de imágenes en los ángulos conformados por dos espejos. En la situación experimental incorporamos los cuerpos geométricos, que funcionan como representaciones externas de la

multiplicación de las imágenes en las esquinas ya que se adosan a éstas formando imágenes completas. Al tener la *Salita de espejos* tres esquinas que reflejan un número diferente de imágenes, los cuerpos geométricos invitan a comparar un mismo fenómeno con tres valores diferentes y a inferir regularidades. A partir del análisis funcional planteamos dos situaciones: en la situación experimental incluimos cuerpos geométricos en las esquinas; en la situación control los cuerpos no fueron incluidos. Registramos en video las conversaciones y las conductas de familias. Los datos del estudio confirman que la incorporación de cuerpos geométricos en las esquinas de la *Salita de espejos* tuvo el efecto de aumentar el tiempo de interacción, dirigir la observación y la manipulación hacia los objetos y la consecuente explicitación de los mensajes del módulo. Las familias que manipularon los objetos focalizaron su atención en las esquinas y buscaron explicaciones acerca de la relación entre el ángulo de intersección y el número de imágenes reflejadas. Particularmente, los niños de la situación experimental contaron imágenes en las esquinas y padres y niños compararon el número de imágenes en cada una. En la situación experimental los visitantes lograron identificar los fenómenos y las variables del efecto, que pasaban desapercibidos en la situación control. Las representaciones externas fueron percibidas directamente, permitiendo el cómputo y estructurando las tareas.

En el segundo estudio, basado en la *Mesa de las ruedas dentadas*, consideramos las representaciones externas orientadas a la explicitación de contenidos relacionados con la dirección y la velocidad, no siempre conocidos por los visitantes. A partir del análisis funcional similar al del estudio anterior, identificamos dos tipos de representaciones externas para apoyar la explicitación de contenidos relacionados con la dirección y la velocidad: las marcas en las ruedas y los carteles explicativos. Se conformó un estudio de diseño 2X2 (**RD1 con líneas sin cartel, RD2 sin líneas sin cartel, RD3 con líneas, con cartel, RD4 sin líneas con cartel**). No se encontraron diferencias en el tiempo de interacción de padres y niños frente a los módulos en las distintas situaciones. En el análisis lexicométrico revisamos los textos conjuntos de los padres en las situaciones con líneas y sin ellas y encontramos diferencias significativas relacionadas con el uso de numerales y las secuencias de actividad. Al analizar los textos conjuntos de los padres en las situaciones con y sin carteles explicativos, se registraron referencias a la dirección y la velocidad en el grupo de los

padres que utilizaron carteles. En un análisis de categorías se identificaron las conductas epistémicas de padres y niños. Las conductas de contar, señalar y leer los carteles fueron, como era de esperar, más frecuentes en los padres. Sin embargo, no se encontraron diferencias entre niños y padres al separar dos ruedas, cambiar de configuración, y unir las líneas, que indican actitudes globales y analíticas frente a los módulos. Al conformar un grupo de padres con conocimientos previos se encontraron diferencias en cuanto a la mención de contenidos relacionados con el número de vueltas y a la transmisión de movimiento y diferencias significativas en la conducta de contar, señalar y en los gestos de rotación. Las representaciones externas en este módulo fueron efectivas solo para los padres con conocimiento previo, ofreciendo para este grupo índices viso-espaciales y promoviendo inferencias.

Por último, en el módulo del *Aire en movimiento* estudiamos los fenómenos contra-intuitivos en las conversaciones y las actividades de los visitantes. Intentamos comprender de qué manera reaccionan los visitantes frente a los fenómenos contra-intuitivos, cómo los verbalizan y qué dificultades conceptuales encuentran. Luego de realizar un análisis funcional, incorporamos cintas orientadas a enfatizar el efecto de la salida del aire y focalizar la atención en la corriente y en cómo se modifica la corriente al acercarse la pelota (en la situación control no incorporamos las cintas). Registramos los contenidos mencionados en el módulo del *Aire en movimiento* en ambas situaciones. No se registraron diferencias: el tiempo de interacción y los contenidos mayormente explicitados en ambas situaciones fueron similares. En el análisis de categorías resumimos la mención de los contenidos en el total de la muestra. La paradoja frente al fenómeno (**La pelota se sostiene a pesar de que el aire continúa saliendo**) fue expresada por más de la mitad de las familias del total de la muestra. Asimismo, un 52.9 % de las familias formuló la explicación del fenómeno en términos de presiones (**La presión aquí es más baja y por eso la atrae hacia arriba**) y se encontró una correlación entre la frecuencia de la mención de la paradoja y la mención de la diferencia de presiones. Al comparar las conductas epistémicas registradas en el video, no se observaron diferencias entre la situación experimental y la de control. Diferencias significativas se encontraron al analizar las conductas de padres y niños: en las conductas de leer los carteles (los carteles fueron leídos por los padres en un 85% y por los niños en un 33%). y en la de los gestos que acompañan la

explicación (exhibidos por los padres en un 61.7% y por los niños en un 23.5%). No se encontraron diferencias entre padres y niños en las conductas de controlar la salida del aire, señalar y comparar. Las representaciones externas en el módulo no fueron efectivas como visualizaciones de la dirección de la corriente del aire. En ambas situaciones el efecto contra-intuitivo provocó dependencia del cartel explicativo ya que no se identificaron diferencias léxicas inclusive entre niños de 9 a 12 años y sus padres. (En el ANEXO V resumimos los resultados obtenidos en los tres estudios.)

Retomamos las preguntas que guían esta investigación para la organización de la discusión general:

¿Qué contenidos se explicitan en la interacción de padres y niños frente a un módulo? ¿Cómo influye el contenido del módulo y su complejidad en los contenidos explicitados? ¿Qué indicios de cambio conceptual se identifican en un museo?

¿Qué conductas y actitudes epistémicas se manifiestan frente a los módulos? ¿De qué manera se explicita la agencia (la plena explicitación del sistema desde el que se establece la actitud preposicional)?

¿De qué manera influyen las representaciones externas (objetos, marcas y carteles) en los contenidos explicitados?

9.2 CONTENIDOS EXPLICITADOS EN LA INTERACCIÓN DE PADRES Y NIÑOS

La explicitación es un proceso continuo que implica diversos niveles de redescipción representacional basados en códigos de creciente abstracción o formalización creando representaciones abstractas de las relaciones entre entidades (Dixon y Kelley, 2007; Karmiloff-Smith, 1992; Pozo, 2001). El paso del conocimiento implícito al explícito implica disponer de lenguajes y códigos eficaces para comunicar estas nuevas representaciones (Pozo y Rodrigo, 2001). En el marco de un museo nos interesa la explicitación de los contenidos y de la actitud epistémica (que ampliaremos en el apartado 9.3) ya que esta actitud ilumina la relación con el conocimiento, permitiendo no solo representar aspectos del contenido sino también

las maneras de conocerlo. Como ya habíamos anticipado en el capítulo 3, utilizamos el marco de análisis de la explicitación del contenido - los objetos sobre los que se habla, la actitud y la agencia - de Dienes y Perner, (1999) adoptado por Pozo (2001, 2003) para el estudio de los procesos de adquisición de conocimiento en el análisis de las conversaciones en el museo. Nuestra investigación registra los contenidos mencionados por los distintos miembros de la familia en la conversación frente al módulo. Al focalizarnos en los conceptos relacionados con los mensajes del módulo dejamos de lado algunas de las riquezas y sutilezas de las interacciones estudiadas en los museos. Más aun, tomamos en consideración que en el desarrollo de una interacción verbal algunos contenidos son formulados explícitamente y otros quedan implícitos (Goffman, 1981; Lave, 1988; Pinker, 2007). Por esta misma razón nos es importante identificar los contenidos compartidos por padres y niños frente al módulo ya que estos muestran aquellos conceptos que padres y niños consideran importante expresar en sus contados minutos de interacción frente al módulo interactivo. Resumimos en la tabla 9.2 los mensajes de los módulos, su relación con la bibliografía relativa a estos conceptos y los contenidos mencionados por los visitantes⁷.

⁷ En caso de no encontrarse diferencias entre la situación experimental y la de control, se indica el porcentaje de familias del total de la muestra que comentaron el contenido. En caso contrario, se indican los porcentajes de la situación experimental y de la situación control. Las categorías no son excluyentes ya que, en general, las familias pronuncian más de un contenido durante su interacción.

	ESPEJOS	RUEDAS DENTADAS	AIRE EN MOVIMIENTO
ANÁLISIS FUNCIONAL (los mensajes del museo)	Multiplicación de imágenes (efecto de infinito) Direcciones en el espejo (<i>veo mi espalda</i>). Relación entre el número de imágenes en cada esquina y el tamaño del ángulo formado por dos espejos.	Transmisión del movimiento de una rueda dentada a otra. Direcciones opuestas en ruedas adyacentes. Relaciones entre la velocidad y la fuerza en ruedas dentadas de diferente tamaño.	Interacción corriente de aire y objetos. Situaciones de equilibrio diferentes para objetos distintos. Diferencia de presiones entre el aire en movimiento y el aire en reposo.
ANÁLISIS DE LAS CONOCIMIENTOS PREVIOS DE LOS VISITANTES (Según bibliografía)	Niños de 10-11 años no relacionan la reflexión del espejo con la reflexión de la luz. Niños de 13-15 años mencionan que el espejo refleja la luz y que la luz permanece en el espejo durante la reflexión. (Guesne, 1985)	En Niños de 3 a 9 años las explicaciones son en función del objeto, conectivas y mecanicistas. (Metz, 1991). Los niños confunden la ventaja mecánica con velocidad. (Leher y Schauble, 1998). Se hallan cambios de representaciones en tareas estructuradas con ruedas dentadas. (Dixon y Kelley, 2007).	Niños de 11 a 13 años ignoran la existencia del aire circundante y asocian la presencia del aire con el movimiento del aire (Séré, 1985). Los niños hallan dificultad en tener en cuenta dos elementos en interacción. La succión expresada por los niños es considerada como una concepción avanzada. (Tytler, 1998). Los niños muestran dificultad de identificar la fuerza ejercida por el aire en reposo (Engel Clough y Driver, 1985).
EXPLICITACIÓN DE LOS CONTENIDOS CON DISTINTAS EXIGENCIAS COGNITIVAS (en función de la bibliografía)	Mención de Ángulos o esquinas 70%, 20%.	Son Ruedas Dentadas 60%. Conexión 65% Transmisión movimiento 67,5% Mov. contrario 25% Vel./ fuerza 32.5%	Vacío 8,8% Características de objetos 41,1% Paradoja 58,8 % Diferencia de presiones 41% Mención de presión 52,9%

Tabla 9.2: Contenidos en los tres módulos estudiados.

Nos proponemos analizar la complejidad de los contenidos esbozada en los capítulos anteriores según el marco de análisis de los principios conceptuales de Pozo

y Gómez Crespo (1998) y de Metz (1991). Conformamos una tabla que resume los contenidos y su nivel de complejidad.

Tabla 9.3: Contenidos y su nivel de complejidad en los tres módulos estudiados.

CONCEPCIONES	ESPEJOS	RUEDAS DENTADAS	AIRE EN MOVIMIENTO
Espacial Características del objeto, características euclidianas del sistema	Direcciones en el espejo (Puedes ver tu espalda)	Conexión de ruedas	Propiedades observables de los objetos (con agujeros sin agujeros)
Mecanicista Visión centrada en el cambio (sin conservación) Relaciones causales simples	Relación ángulo número de imágenes	Transmisión de movimiento.	Paradoja: El aire sale y la pelota se queda
Interacción Cambio con conservación		Movimiento contrario. Relación velocidad y fuerza	Diferencia de presiones (no se llega a explicitar la situación de equilibrio)

De la comparación de los diferentes contenidos podemos identificar aquellos de mayor y menor complejidad, aquellos que conforman un enriquecimiento o ajuste de los conocimientos o se relacionan con cambios ontológicos y conceptuales (Chi y Roscoe, 2002; Chi, Slotta y de Leeuw 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1998). Divergencias ontológicas hallamos por ejemplo, en las entidades o estados que la ciencia considera (algunas similares y otras diferentes a las que los visitantes observan a partir de sus concepciones intuitivas) y en los procesos y sistemas observados por la ciencia. Por ejemplo, en la *Salita de espejos* la relación entre el ángulo de los espejos y el número de imágenes es el contenido más complejo explicitado en el módulo. Este concepto implica una visión mecanicista que relaciona causalmente el número de imágenes y el ángulo de inserción. Los visitantes reconocen esta relación en el módulo ya que no ofrece dificultades conceptuales particulares con respecto a la percepción de las entidades, ni exigencias de cómputo. Aun así, exige relacionar dos entidades cuantitativamente. En el módulo de los espejos la mayoría de las familias en ambas situaciones mencionan espejos y direcciones. Sin embargo solo las familias de la situación experimental con los cuerpos geométricos, se refieren a esquinas o ángulos y a las figuras que se forman en ellos. Los padres de la situación experimental invitan a los niños a contar y a comparar las esquinas, estableciendo la relación entre

el número de imágenes y los ángulos, sentando las bases para una concepción mecanicista.

En la *Mesa de las ruedas dentadas*, encontramos una relación decreciente entre la referencia a los contenidos y su complejidad: contenidos como la mención de ruedas dentadas y la conexión de las ruedas son mencionados por la mayoría de las familias. La transmisión de movimiento, concepción mecanicista que expresa una relación causal simple (**esta rueda mueve a la otra que a su vez mueve a la otra**) es también referida por la mayoría de las familias. Sin embargo, el movimiento contrario y la relación velocidad - fuerza son mencionados por una minoría (25% y 32,5% de las familias respectivamente): el concepto de velocidad exige una actitud analítica y el cómputo de la velocidad de giro de una rueda en relación a la otra. La demanda cognitiva del concepto de dirección implica la integración de dos movimientos simultáneos y opuestos, marcando la interacción de ambas ruedas (**una rueda mueve a la otra en dirección contraria**), no percibida fácilmente. La mención del concepto de dirección en el cartel, no garantiza la explicitación del mismo ya que es discutido por solo un cuarto de las familias, particularmente aquellas con conocimientos previos. Entendemos que la dificultad perceptiva impide la identificación del movimiento giratorio y el registro de la dirección del giro (dada la simetría en el cuerpo entre el lado izquierdo y el derecho). Los padres que optan por explicitar este contenido poseen conocimientos previos que les permiten identificar los contenidos relevantes. Estos visitantes apoyan con gestos sus verbalizaciones, añadiendo información espacial concreta, integrando códigos gestuales y verbales. De esta manera, además de formular una regla, sitúan el conocimiento de los niños con información espacial por medio de los gestos (Lozano y Tversky, 2005) y apoyan actitudes analíticas que se concentran en la interacciones del sistema.

Por último, consideramos los contenidos mencionados durante la actividad con el módulo del *Aire en movimiento*. Registramos que el vacío fue enunciado por pocas familias: el fenómeno no fue relacionado con el vacío que, en general, se utiliza en situaciones con recipientes cerrados, en las que se adjudica al aire el poder de "succión". El efecto del fenómeno contra-intuitivo, entonces, si bien no siempre es comprendido y enunciado, no es explicado en el caso del aire por medio de

concepciones erróneas preexistentes. Por otro lado, el fenómeno es extraordinario ya que la experiencia cotidiana nos enseña que las corrientes de aire en general empujan, ejerciendo una fuerza en la dirección de la corriente. La paradoja frente al fenómeno que muestra una pelota sostenida *a pesar* de la corriente, fue expresada por la mayoría de las familias, encontrándose una correlación entre la mención de la paradoja y la explicación del fenómeno en términos de diferencia de presiones. Inexistente en los módulos anteriores, la paradoja explicitada parece expresar que los visitantes encuentran el fenómeno contrario a las expectativas determinadas por las magnitudes privilegiadas, asociadas en general a la percepción de lo observado y dependientes del contexto (Pozo, 2001). Los visitantes expresan su sorpresa pero no definen explícitamente la situación como situación de equilibrio. Al hablar de presiones y de diferencia de presiones, los visitantes parecen estar aplicando un marco de análisis de causalidad simple, en la que la presión alta del aire circundante es citada a partir del cartel explicativo como 'agente' o causa del movimiento (Séré, 1985). La mera mención del concepto de presión no puede ser tomada como indicador de comprensión de este concepto científico complejo. Por lo tanto, si bien la presión es mencionada por padres o hijos, no inferimos que el concepto de presión haya sido comprendido ya que algunos visitantes ignoran las interacciones implícitas en el concepto de equilibrio.

Como ya habíamos mencionado, encontramos que algunos contenidos particularmente simples (**Estas son ruedas dentadas**) son enunciados en la mayoría de las conversaciones y sin embargo, quedan implícitos en el 40% de las familias que eligen concentrarse en otros contenidos más complejos. Al ser los museos de ciencias visitados por familias de distinta formación, los módulos interactivos que incluyen variedad de niveles parecen permitir que cada visitante pueda encontrar su foco de interés, creando significados a partir de interacciones con el módulo. Uno de los objetivos del museo sería entonces brindar oportunidades para explicitar contenidos de nivel de complejidad variado en un mismo módulo y proveer módulos con distinto nivel de complejidad para ofrecer desafíos a visitantes con conocimientos previos diferentes. No menos importante sería el evitar disparar concepciones equívocas. Eberbach y Crowley, (2005) encontraron que el 71% de las explicaciones de los padres son correctas frente a módulos relacionados con la polinización en un jardín

botánico. Podemos afirmar que a raíz de nuestros datos, las interpretaciones equívocas en las interacciones entre padres e hijos en módulos interactivos son mínimas y que fueron registradas en unas pocas familias en el módulo del aire (únicamente el 8,8% mencionó el vacío).

Luego de detallar los contenidos y conceptos explicitados por los visitantes, pasamos a reseñar a continuación aquellos indicios de cambio conceptual en el marco de un museo.

9.2.1 ¿Qué indicios de cambio conceptual se identifican en un museo?

Al hablar del cambio conceptual en los capítulos anteriores hacíamos referencia a los distintos mecanismos de cambio conceptual. Mencionábamos particularmente que el paso de una concepción intuitiva a la visión mecanicista relacionada con modelos científicos explicativos, implica cambios ontológicos (Chi y Roscoe, 2002). Nuevos refinamientos de la concepción mecanicista pueden alcanzarse a través de la explicitación progresiva (Karmiloff-Smith, 1992), el enriquecimiento y la reestructuración de teorías de marco (Vosniadou, 1994), del aumento, el ajuste, y la integración jerárquica (Pozo, 2003) a través de la diferenciación y la descomposición (Metz, 1991) o a través de la detección de regularidades que se consolidan en representaciones del sujeto (Dixon y Kelley, 2007). Insistimos en que el marco de un museo no es propicio para promover cambios radicales, dificultosos inclusive para los alumnos en el marco de la instrucción formal (Allen, 2007; Duit, 1999). Resumimos a continuación los indicios de cambio conceptual encontrados en nuestros estudios y organizamos los aspectos a través de los cuales exploramos el cambio conceptual: a) Revisión de principios conceptuales, b) Utilización de códigos que permiten la cuantificación de las relaciones.

9.2.1.1 Revisión de principios conceptuales

Analizamos el pasaje de la acción sobre el objeto a la vinculación entre variables con un ejemplo: En el módulo del aire, una misma familia menciona contenidos de distinto nivel de complejidad: niños y adultos reconocen la diferencia

del efecto con las pelotas con o sin agujeros, pero los padres insisten en describir el fenómeno mencionando la corriente del aire como condición del efecto. El cambio de un principio ontológico de estado (**la pelota se queda**) al principio ontológico de proceso (**la pelota se queda justo cuando el aire sale**) implica el reconocimiento de la interacción del aire y la pelota. Consideramos este tipo de intercambios como intentos de los padres de apoyar la redescrición representacional de los niños por medio de la descomposición de los elementos (Metz, 1991) y la mención conjunta de los dos efectos simultáneamente para la ocurrencia del efecto. La redescrición en el módulo del aire (**El aire no solo empuja sino que a veces sostiene a los objetos; Justo cuando el aire sale, el objeto se sostiene**) manifiesta la relación entre dos parámetros, o sea una relación objeto-objeto y la explicitación de la conservación de las propiedades no observables del efecto (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Asimismo, encontramos en el módulo de los espejos intentos de los visitantes de relacionar variables: número de imágenes y ángulos. Las imágenes en los espejos pasan a ser foco de investigación, la experiencia sensorial en la *Salita de espejos* permite relacionar los ángulos con las figuras que se conforman en las esquinas. La redescrición requiere explicitar la experiencia sensorial y establecer relaciones entre los objetos y lo que se ve en los espejos, mencionando las figuras completas que se observan en las esquinas y comparando el número de imágenes en cada una de ellas.

Por último, las ruedas dentadas han sido identificadas en investigaciones previas como esquemas aptos para sustentar la redescrición de las representaciones de los visitantes a distintos niveles, a través de ajustes de las representaciones existentes (Dixon y Bangert, 2002, 2004). No encontramos en nuestros datos indicios de que la mayoría de los visitantes logren formular la relación entre las direcciones de ruedas adyacentes (sin la mediación propicia de los guías o los carteles), ya que solamente un tercio de los visitantes mencionan esta relación. En una proporción más alta (67%) los visitantes hacen alusión a la transmisión de movimiento. Una de las razones para esta discrepancia puede hallarse en el diseño mismo de las tareas (las investigaciones citadas presentaban situaciones más estructuradas que las ofrecidas en el museo). Por otro lado, encontramos que en algunos casos la misma transmisión de movimiento puede ser considerada como una redescrición en sí misma ya que los

visitantes al tener poco contacto con ruedas dentadas en situaciones cotidianas, encuentran en el contexto del museo la posibilidad de explicitar la transmisión de movimiento. Los visitantes parecen estar configurando una representación dinámica a partir de representaciones estáticas (euclidianas) que resaltan la conexión (Metz, 1991), pasando de un principio ontológico de estado (**las ruedas dentadas están conectadas**) a observar los procesos (Chi y Roscoe, 2002) (**una rueda mueve a otra, que a su vez mueve a otra**). Los módulos logran de esta manera invitar a los visitantes a pasar de la acción sobre el objeto al establecimiento de relaciones entre variables.

9.2.1.2 Utilización de códigos que permiten la cuantificación de las relaciones

Hemos revisado en los primeros dos estudios los contenidos y su cuantificación en el marco de la visita a un museo. Vimos indicios de cuantificación en el módulo de los espejos y en algunos casos en el módulo de las ruedas dentadas. Los aspectos matemáticos imponen exigencias de cómputo, permiten registrar y simbolizar regularidades y posibilitan la redescipción en términos cuantitativos. El lenguaje matemático apoya la redescipción a través de la caracterización numérica de las unidades de significado. Nuestros datos muestran que en situaciones simples, el cómputo debe ser considerado como oferta interactiva dada su posibilidad de enriquecer la interacción. Sin embargo, en situaciones más complejas, los aspectos matemáticos no son fácilmente registrados por los visitantes siendo solo algunos padres con conocimientos previos los que invitan a sus hijos a comparar las velocidades en la *Mesa de las ruedas dentadas*. Al diseñar módulos es importante considerar si la cuantificación por medio del cómputo logra enriquecer la interacción y en caso de respuesta afirmativa, diseñar apoyos correspondientes. El cómputo no sustituye a la exploración del efecto sino que parte de esta exploración y puede ser utilizado para confirmar predicciones, funcionando las representaciones externas que lo apoyan como *affordances* cognitivas.

9.2.2 Explicitación de contenidos: ¿aumento, reajuste, reestructuración?

Nuestro trabajo se concentró en el análisis de las familias que incluían por lo menos un niño de 5 a 10 años. Intentamos en los distintos estudios identificar oportunidades para la redescipción de conocimientos de los visitantes. Al analizar los resultados, identificamos indicios de redescipción en niños (*contar para comparar imágenes en la salita de espejos*), y otros de los padres (*identificar la paradoja frente al módulo del aire en movimiento*). Consideramos que estos asomos a la redescipción apoyan cambios sutiles, adiciones y ajustes de contenidos, que cada visitante adulto o niño, toma para sí. Sin duda, la posibilidad de interactuar con los módulos provoca desafíos e induce a los padres a buscar explicaciones que les satisfagan a ellos y que consideren adecuadas para compartir con sus hijos.

Pocos estudios se han realizado con el objeto de revisar y reorganizar concepciones alternativas de los visitantes: los resultados han sido variados y se han detectado contenidos particularmente complejos de modificar (Allen, 1997; Borun, Massey y Lutter, 1993; Feher, 1990). Nuestra investigación ha identificado una variedad de contenidos con complejidad creciente dentro de un mismo módulo. Podemos sintetizar que la explicitación en el marco de un museo se relaciona con los desafíos que se plantea cada visitante frente al módulo: los visitantes pueden examinar efectos conocidos de manera diferente, usar otros códigos para expresar dichos conocimientos, focalizar la atención en efectos desconocidos, verbalizar sus conocimientos y establecer relaciones por medio del diálogo con otros visitantes. Pero para que esto suceda es necesario despertar conductas y actitudes epistémicas. Dedicamos a las actitudes epistémicas el apartado siguiente.

9.3 CONDUCTAS EPISTÉMICAS Y ACTITUDES EPISTÉMICAS

Intentamos en este apartado resumir y organizar algunos términos utilizados a lo largo de esta tesis: definimos las conductas epistémicas específicas en cada módulo como las conductas orientadas a comprender el estado o a mostrar el estado del módulo a otro integrante de la familia. Frente a las conductas epistémicas particulares,

las actitudes epistémicas generales se reflejan en los patrones de actuación y muestran la relación cognitiva del sujeto con una situación o contexto. La acción pragmática orientada a lograr un resultado (en términos de museos manipulación - *hands-on*) difiere de las conductas epistémicas que identificamos y de las actitudes epistémicas - *minds-on* ya que estas actitudes, toman las mismas representaciones como objeto de conocimiento y posibilitan la revisión del contenido de las representaciones. Focalizarnos en las conductas y actitudes epistémicas en un museo nos brinda información acerca de:

- Las verbalizaciones y conductas específicas que reflejan actitudes proposicionales.
- Las actitudes epistémicas frente a la variedad de contenidos que el museo presenta, desde los conocidos, a los desconocidos, a los contra-intuitivos.
- Un marco de análisis de las conductas *minds-on* tan mentadas en los museos interactivos frente a críticas de mera manipulación sin comprensión.

Dada la dificultad de identificar actitudes epistémicas que no siempre se explicitan verbalmente, optamos por inferir las actitudes a partir de conductas epistémicas. Al analizar las conductas de video en nuestros estudios registramos aquellas conductas orientadas a comprender el fenómeno del módulo y las diferenciamos de aquellas conductas pragmáticas, orientadas a la manipulación: conductas como: pasar de una esquina a otra en la *Salita de los espejos*, la acción de separar dos ruedas, cambiar la configuración de las ruedas dentadas y la acción de controlar el aire o colocar el embudo flexible en el módulo del *Aire en movimiento*, fueron consideradas como conductas orientadas a explorar y comprender el fenómeno, a partir de las cuales inferimos las actitudes epistémicas. Ubicamos, asimismo, las verbalizaciones que apoyaban las actitudes epistémicas, basándonos en el análisis de *actos de habla* relacionados con el aprendizaje en museos de Allen (2002) y Gilbert y Priest (1997). Por último, para lograr definir las actitudes epistémicas de una manera general, conformamos los patrones de actuación que se repitieron en los distintos módulos: **INVITAR A VER, CONTAR-COMPARAR, LEER, EXPLICAR.**

Definimos anteriormente los patrones de actuación como los comportamientos típicos que exhiben los participantes en un determinado segmento de interactividad en función de los roles que asumen en él y de los condicionamientos que impone la estructura de participación social y de la tarea en cuestión (Coll y Rochera, 2000). Los patrones de actuación que resumimos aquí surgieron como construcciones teóricas del análisis conjunto de verbalizaciones y conductas. Algunos de estos patrones de actuación, como ya mencionamos anteriormente, corresponden a categorías de conducta de diversos autores, particularmente los de **EXPLICAR** y **LEER** carteles. El patrón de conducta de **COMPARAR**, si bien mencionado en el modelo de Barriault (1999) como una de las conductas de participación prolongada, fue desarrollado en esta tesis y relacionado con el patrón de **CONTAR**.

ANÁLISIS DE VIDEO	ESPEJOS	RUEDAS DENTADAS	AIRE EN MOVIMIENTO
CATEGORÍAS DE CONDUCTA	Se sienta sobre los cuerpos geométricos Cambia de lugar objetos Cuenta (los niños) Gesto - Señala (no contando) Gestos – que acompañan explicación Sin carteles <u>Diferencias significativas:</u> atención conjunta, señalar contar	Une líneas Separa dos ruedas Cambia configuración Cuenta Gestos - Señala Gestos- Indica dirección de movimiento giratorio Lee carteles: 50% <u>Diferencias significativas en el grupo de padres con conocimientos</u> en las conductas de: contar, señalar, gestos de rotación.	Controla la salida del aire Coloca el embudo para comparar Gestos – Señala Gestos- que acompañan explicación Lee carteles: padres 85% niños 33% Sin diferencias significativas
PATRONES DE ACTUACIÓN	INVITAR A VER CONTAR-COMPARAR EXPLICAR CUANTIFICAR	INVITAR A VER CONTAR-COMPARAR EXPLICAR CUANTIFICAR LEER	INVITAR A VER COMPARAR EXPLICAR LEER

Tabla 9.4: Conductas observadas en el video y los patrones identificados en cada uno de los estudios.

La tabla 9.4 resume las conductas observadas en el video y los patrones identificados en cada uno de los estudios.

INVITAR A VER- Esta categoría incluye toda frase en la cual los visitantes indican algo que les llama la atención, por ejemplo: identificar, nombrar, describir, citar. Las conductas no verbales relacionadas con este patrón de actuación en los módulos fueron las de señalar (en los tres estudios), concentrar la atención conjunta a una esquina de espejos y separar dos ruedas dentadas del resto del sistema. En la

Mesa de las ruedas dentadas, identificamos conductas con una orientación más global (cambiar de configuración) y otras que sugieren una actitud analítica focalizada (separar dos ruedas y concentrar su atención en ellas, señalar). Estas frases y conductas son evidencia del acto de identificar y compartir algo significativo con los otros miembros de la familia a partir de un entorno complejo. En investigaciones de otros autores, *llamar la atención e invitar a la acción* son conductas frecuentes en los museos durante las interacciones con módulos (Allen, 2002) y se relacionan con el habla perceptiva y el habla estratégica. Se menciona inclusive que los indicadores más básicos y frecuentes del aprendizaje familiar son *identificar y describir* (Borun, Chambers y Cleghorn, 1996). En estos primeros niveles de aprendizaje, los visitantes identifican particularmente las características superficiales de los módulos. Un nivel más profundo de aprendizaje se logra demostrando las categorías de *interpretar y aplicar* el conocimiento o por medio del habla conceptual.

El patrón de actuación **INVITAR A VER**: conlleva la actitud epistémica de identificar algo llamativo, interesante, o valioso para compartir con otros. Pero a diferencia de Borun, Chambers y Cleghorn, (1996), sostenemos que la actitud de *identificar* no siempre implica un nivel menor de aprendizaje familiar. En determinados casos la acción de señalar implica la intención de revelar la estructura del módulo (Lozano y Tversky, 2005) y no tan solo la manipulación básica. Además, como vimos en el caso en profundidad de la familia en la *Mesa de las ruedas*, la niña primeramente observó la actividad del padre y a continuación armó un sistema que transformaba el movimiento rectilíneo en giratorio, similar pero diferente al construido por el padre, cuando el padre ya no estaba presente. Esta misma actitud de observar lo que otros visitantes consideran importante permitió la construcción de una nueva configuración de ruedas dentadas que la niña quiso compartir con su madre.

CONTAR – COMPARAR: Relacionamos los patrones de **CONTAR** y **COMPARAR** ya que ambos conllevan la actitud de contrastar dos efectos, objetos o entidades y establecer una relación entre ellos. Como ya citamos anteriormente, el **COMPARAR** en el marco del museo es una de las posibilidades para extraer esquemas e identificar propiedades y relaciones. La comparación fue definida como fijar la atención en dos o más objetos para descubrir sus diferencias o semejanzas. En

la definición de este patrón de actuación combinamos conductas como señalar dos opciones alternativamente, pasar de una esquina a otra en la *Salita de espejos*, contar en voz alta, y usar alternativamente los distintos objetos para provocar el efecto en el módulo del *Aire en movimiento*.

Los patrones de actuación **CONTAR** y **COMPARAR** reflejan una misma actitud de contraste. Es decir, contar y medir (comparar con una escala) son procedimientos a través de los cuales la ciencia detecta regularidades, aquello que cambia y lo que queda estable. La cuantificación posibilita la comparación de magnitudes. Contar es relacionar el objeto de estudio con un código que permite organizarlo. El uso de los números exige cómputo y representa carga cognitiva. Los visitantes comparan y cuentan cuando la conducta es informativa, y posibilita confirmar o generar hipótesis. Algunos módulos invitan a la cuantificación y otros menos, así como algunos módulos apoyan la comparación más que otros. En el estudio de los espejos habíamos registrado que el patrón de actuación de **COMPARAR** nos interesaba particularmente ya que los ángulos ignorados en la situación control fueron foco de investigación en la situación experimental. Las posibilidades de comparar en las ruedas dentadas se concentraban en la dirección de giro y en la velocidad. En el estudio del aire identificamos dos tipos de comparaciones: 1) dos módulos sobre el mismo tema son comparados (en ambos subyace el mismo principio), 2) los elementos en el módulo se comparan unos a los otros para extraer las características de los objetos que se sostienen en equilibrio. Algunas comparaciones se apoyan en características superficiales de los elementos que, si bien no explican el fenómeno, permiten realizar predicciones y preparan la búsqueda de explicaciones. En la interacción con los fenómenos, los padres estarían ofreciendo al niño la posibilidad de ejercitar los modos de ver de la ciencia, pidiendo y ofreciendo explicaciones sobre los principios que sustentan los efectos curiosos observados (Crowley *et al.*, 2001; Eberbach y Crowley, 2005). Aún más, las comparaciones basadas en un mismo principio estarían contribuyendo a la extracción de esquemas: (Gentner, Loewenstein y Thompson, 2003; Gilbert y Stoklmayer, 2001; Hammer *et al.*, 2005).

El patrón de actuación de **CONTAR** y **COMPARAR** manifiesta la actitud epistémica de relacionar un objeto o proceso con otro, para determinar si son similares o diferentes. En la bibliografía de museos es mencionado en el enfoque de Barriault (1999) como conducta de ruptura. Asimismo, el habla conectiva es considerado como una de las cinco categorías de actos de habla que reflejan el aprendizaje, pero se manifiesta en una proporción baja (Allen, 2002). Si bien nosotros no hemos realizado un análisis cuantitativo, entendemos que las definiciones de habla conectiva son diferentes del patrón de actuación que nos ocupa, ya que el habla conectiva es definida entre módulos (no siempre adyacentes) o relaciona el fenómeno con los conocimientos previos del visitante. La comparación propuesta en este trabajo sucede durante la interacción con un mismo módulo. La comparación es una de las actividades mentales apoyadas por el diseño a través de la cual los museos de ciencias pueden crear espacios en los que observan fenómenos sorprendentes y se los relaciona más o menos explícitamente con otros efectos conocidos.

EXPLICAR es uno de los patrones de actuación registrados a partir de las verbalizaciones específicamente, si bien en ocasiones la explicación es acompañada por gestos como aquellos que indican la rotación (*Mesa de las ruedas dentadas*) o el movimiento de la pelota (*Aire en movimiento*). Las explicaciones han sido ya ampliamente identificadas en la literatura de museos. (Barriault, 1999; Borun, Chambers y Cleghorn, 1996; Crowley *et al.*, 2001; Eberbach y Crowley, 2005) y en general en investigaciones de desarrollo cognitivo de niños de diversas edades (Crowley y Siegler, 1999, Pine y Messer, 2003). Nuestro patrón de actuación se relaciona con el acto de explicitar (*explicitating*) definido por Ohlsson (1996), entendido como organizar el discurso referido a un objeto o evento de manera tal que el interlocutor adquiera una concepción clara de dicho objeto o evento. Pero en el caso de la explicación se mencionan las causas o los procesos que originan los efectos. La explicación es un patrón de actuación que refleja la actitud epistémica de conocer y definir relaciones entre productos y procesos. Esta actitud epistémica, en ocasiones, expresa un conocimiento previo de los visitantes y en otras se configura a partir de los apoyos en el módulo - objetos, marcas o carteles. El acto de explicar expone las relaciones causales y mecanismos explicativos y la intención de compartirlo con los

otros miembros de la familia. El patrón de **EXPLICAR** se ve acompañado por gestos, antes referidos como códigos que ofrecen información adicional.

Concordamos con otros investigadores en que el patrón de actuación de **EXPLICAR** es frecuente e importante en los museos, pero consideramos que no es éste el único patrón que debe ser tenido en cuenta al considerar el impacto de módulos interactivos en el aprendizaje. La posibilidad de combinar conductas, verbalizaciones y códigos no verbales, nos permite registrar aspectos de la construcción del conocimiento que posteriormente se conforman en explicaciones. De esta manera, en las explicaciones de conceptos complejos los visitantes hacen uso de las palabras y de los gestos que de alguna manera anteceden a las palabras (Donald, 1993) y ofrecen información suplementaria para luego articular explicaciones basadas en relaciones cuantitativas.

LECTURA DE LOS CARTELES: Al conformar el patrón de actuación de lectura, nos basamos en las conductas de video (*fijar la vista en el cartel*) y en los textos mencionados en las verbalizaciones (*citas de los textos del cartel*). Notamos anteriormente que la recolección de datos se llevó a cabo en distintas horas del día y se realizó conjuntamente para el módulo del aire y el de las ruedas dentadas. Algunas familias llegaron a los módulos al principio de la visita y otras al final de la misma. Aun así, dentro de estos módulos hallamos diferencias en este patrón de actuación ya que la lectura de los padres en las ruedas dentadas es de un 50% y en el módulo del aire de un 85%⁸. Diferenciamos el patrón de lectura de la explicación ya que incluimos en las explicaciones exclusivamente las verbalizaciones de los contenidos y no la lectura en voz alta (Allen, 2002). El patrón de actuación de leer es mencionado en la literatura (cita de carteles Allen 43%, mención de contenido del cartel 70% (McManus, 1989). La lectura es uno de indicadores de aprendizaje del nivel más alto (*Junto con hacer y contestar preguntas, hacer comentarios, explicar, leer en voz alta y en voz baja*, (Borun, Chambers y Cleghorn, 1996). Se ha registrado que los adultos leen el texto en voz alta, parafrasean el texto en sus propias palabras, leen en voz baja

⁸ En este análisis no incluimos la salita de espejos ya que el cartel se hallaba en el exterior del módulo.

y luego discuten el texto con los otros visitantes, y en ocasiones discuten con el texto del cartel explicativo (Rowe, 2003).

Concordamos con las investigaciones en museos sobre el valor de la lectura de los carteles explicativos. La frecuencia de la lectura de un tercio de los niños en el módulo del aire es significativa y no ha sido registrada en la literatura. Relacionamos el patrón de lectura de los niños (y de los padres) como una actitud epistémica de desconocer el contenido y buscar activamente la información. Al configurar este patrón de actuación identificamos, asimismo, qué contenidos de los carteles son mencionados por los visitantes y cuáles no. Aún más, logramos identificar en las conversaciones aquellos contenidos que no eran mencionados en los carteles y que, al ser mencionados por los visitantes, indicaban un conocimiento previo (conversión de movimiento rectilíneo en movimiento giratorio en la *Mesa de ruedas dentadas*).

Comparamos los **PATRONES DE ACTUACIÓN** con categorías generales propuestas por otras investigaciones en museos: Algunas investigaciones han definido conductas epistémicas en el museo como actos de habla, por ejemplo: *Preguntar y responder a preguntas* (Borun, 1996) conductas de valor epistémico de *observar e imitar*, que reflejan el aprendizaje en niños pequeños (Meisner, 2007) conductas de *iniciación transición y ruptura* (Barriault, 1999) que muestran niveles de participación en los módulos desde el punto de vista del visitante. La mayor aproximación a un modelo de actuación es propuesta por Humphey y Gutwill (2005) al identificar patrones de interacción según módulos que faciliten conductas de *investigación, exploración, observación y construcción*. Nuestro análisis nos ha permitido relacionar conductas y verbalizaciones en un marco coherente, definiendo las actitudes epistémicas de **INVITAR A VER** (focalizar la atención), **CONTAR Y COMPARAR** (relacionar dos efectos o magnitudes), **EXPLICAR** (exponer las relaciones causales, de procesos y los mecanismos explicativos), **LEER** (recurrir a explicaciones en el texto del museo), en función de la interacción con el módulo y con los otros visitantes. Al resumir las actitudes epistémicas a partir de los patrones de actuación resaltamos las conductas valiosas en el marco de la visita a un museo de ciencias. Estas conductas y actitudes reflejan los modos de investigar el mundo que

nos rodea, generando actitudes y perspectivas epistémicas en el marco de un museo que pueden posteriormente ser aplicadas a otros contextos.

9.3.1 ¿De qué manera se explicita la agencia?

Hacemos una última referencia a la explicitación de la agencia. Definimos la agencia como la referencia a los conocimientos previos y a la historia personal, mencionando situaciones en las que se manifiesta una relación epistémica con los contenidos. Si bien era de esperar que frente a contenidos desconocidos en un museo (particularmente en el módulo del aire) encontrásemos indicios de la explicitación de la agencia, no ha sido éste el caso. Nuestros datos confirman la limitada referencia a elementos de meta-cognición y la rara mención de experiencias pasadas encontradas en investigaciones anteriores en museos (Allen, 2002; McManus, 1989). Por otro lado, algunas alusiones a la agencia han sido identificadas en entrevistas posteriores a las visitas (Afonso y Gilbert, 2006; Falk y Dierking, 2000) y en las conversaciones de adultos en museos donde se revelan aspectos de la identidad de los visitantes (Leinhardt y Knutson, 2004). De nuestros datos podemos señalar solamente la mención de la paradoja: al expresar la paradoja se expresa la sorpresa frente al efecto (*el aire no empuja*) y se relaciona el efecto (*la pelota no cae*) con el aire que sale.

¿Por qué la explicitación de la agencia es tan infrecuente en un museo? Hacemos referencia a investigaciones del mundo de la lingüística que distinguen entre la imprecisión de lo que se expresa y la claridad de las intenciones. Goffman (1981) menciona la ambigüedad residual al señalar que en las conversaciones hay elementos que normativamente quedan implícitos sin impedir la comunicación. Según esta línea de pensamiento, la agencia se deduce pero no es necesario expresarla directamente. Esta podría ser también la explicación de porqué en el modelo de Dienes y Perner (1999) la agencia es un concepto vago ya que son pocas las oportunidades en las que la agencia se explicita.

Al resumir los patrones de actuación en el museo, proponemos entonces, combinar verbalizaciones y conductas que reflejen las actitudes epistémicas de los

visitantes. En el párrafo siguiente relacionaremos las conductas observadas con las representaciones externas en el módulo para conformar un modelo que combine los mensajes del módulo con las tareas que los visitantes son invitados a realizar; en otras palabras relacionando los contenidos, las representaciones externas de los módulos interactivos y las actividades de los visitantes.

9.4 INFLUENCIA DE LAS REPRESENTACIONES EXTERNAS DEL MÓDULO EN LAS TAREAS Y EN LOS CONTENIDOS EXPLICITADOS

Como mencionábamos en el capítulo 4 consideramos a los módulos interactivos en un museo de ciencias como objetos representacionales que muestran fenómenos o procesos. Los visitantes, sin embargo, no siempre explicitan el carácter representacional de los módulos (Callanan, Jipson y Soennichsen, 2002) por lo que no es posible afirmar que los módulos son reconocidos como modelos o objetos representacionales similares a la realidad en algunos aspectos pero diferentes en otros. Identificamos asimismo que algunos módulos incluyen elementos representacionales (objetos, marcas, carteles) y nos proponemos investigar particularmente aquellos elementos que influyen la actividad del visitante funcionando como *affordances* (Gibson, 1979) y exteriorizando reglas y restricciones (Zhang y Norman, 1984). El análisis funcional de los módulos, además de darnos elementos para conformar las situaciones experimentales, nos fue útil para identificar las representaciones externas y su relación con la actividad del visitante: a) en módulos que presentan efectos cotidianos, b) en módulos cuyos contenidos son desconocidos por algunos visitantes, c) en módulos que presentan fenómenos contra-intuitivos.

Resumimos en la Tabla 9.5 los análisis de la información explícita, implícita y conceptual, las tareas en los tres módulos estudiados y las conductas observadas.

	ESPEJOS	RUEDAS DENTADAS	AIRE EN MOVIMIENTO
ANÁLISIS DE LA REPRESENTACIÓN: (Estructura y despliegue de la información.)	<p><u>Información explícita:</u> El número de imágenes en cada esquina es diferente.</p> <p><u>Información implícita:</u> En el ángulo más pequeño hay más imágenes.</p> <p><u>Información conceptual:</u> Relación entre el número de imágenes en cada esquina y el ángulo de inserción de los espejos.</p>	<p><u>Información explícita:</u> Falta de contacto de las ruedas. El movimiento se traba (una rueda, la cremallera o el borde dentado de la mesa traba el movimiento).</p> <p><u>Información implícita:</u> El movimiento pasa de una rueda a otra. La cremallera sirve para transformar el movimiento rectilíneo en movimiento giratorio. Las marcas en la rueda son índices para la dirección y el conteo de las vueltas.</p> <p><u>Información conceptual:</u> Relaciones entre la velocidad y la fuerza en ruedas dentadas de diferente tamaño.</p>	<p><u>Información explícita:</u> Percepción correcta de la dirección de la corriente del aire. El efecto es válido para algunos objetos pero no para otros.</p> <p><u>Información implícita:</u> La corriente de aire no empuja a la pelota. Por el contrario, la corriente es esencial para la producción del efecto: la pelota se sostiene a pesar de que el aire continúa saliendo.</p> <p><u>Información conceptual:</u> El efecto se relaciona con la diferencia de presiones. Al acercarse la pelota a la corriente del aire, la corriente se modifica: La pelota se mueve de una zona de alta presión a una zona de presión menor, hasta llegar a un equilibrio (en cartel explicativo).</p>
ANÁLISIS DE LAS TAREAS (Propuesta interactiva, procedimientos conductas, restricciones a la acción.)	<p>Llamar la atención a las esquinas. Contar el número de imágenes (del cuerpo o de los objetos) en cada esquina. Comparar el número de imágenes en las distintas esquinas. Hacer variaciones de la ubicación de los objetos para verificar el efecto de la simetría y la multiplicación.</p>	<p>Lograr armar un sistema. Unir dos ruedas. Encontrar soluciones cuando las ruedas se traban.</p>	<p>Sentir la corriente del aire y su dirección. Buscar el punto de equilibrio de distintos objetos. Controlar los límites del fenómeno: poner dos objetos juntos, cambiar la posición del objeto en la corriente (mencionado en el cartel explicativo).</p>
JUSTIFICACIÓN DE LOS APOYOS	<p>Cuerpos geométricos Visualización Cuantificación</p>	<p>Líneas en las ruedas Visualización Cuantificación</p>	<p>Cintas en el embudo Visualización</p>
FUNCIÓN DE LOS APOYOS EN LOS MÓDULOS.	<p>Son percibidas directamente. Permite cuantificación y adaptación mutua. RE transforman la tarea Carteles innecesarios</p>	<p>Conductas analíticas Cuantificación en visitantes con conocimientos. RE ofrecen índices visuales espaciales, Promueven inferencias 50% de lectura de carteles</p>	<p>Sin diferencias en la explicitación de la paradoja (58%). Visualización inefectiva Dependencia del cartel 85% lectura de carteles</p>

Tabla 9.5: Información explícita, implícita y conceptual en el módulo, tareas y conductas observadas en los tres módulos estudiados.

Los apoyos (representaciones externas) elegidos para la situación experimental en cada módulo estaban orientados a visualizar el fenómeno y estimular conductas de cuantificación, en algunos casos funcionando como *affordances* cognitivos (Zhang y Patel, 2006). Los objetos en las esquinas de los espejos apuntaron a redefinir el espacio, los cuerpos geométricos hacen visibles "irrealidades" geométricas con las que los visitantes pueden interactuar. En la *Mesa de las ruedas dentadas* intentamos hacer visibles relaciones de dirección y velocidad, sin considerar las diferencias de las fuerzas, dada la dificultad de hacer perceptibles las diferencias de fuerza en los distintos puntos del sistema. Las líneas en el radio de las ruedas pudieron ser alineadas, propiciando actividades de comparación y cómputo. Las marcas limitaron y restringieron la actividad de algunos visitantes pero, para ser utilizadas, exigieron conocimientos previos. De esta manera las representaciones externas agregadas a los módulos apoyaron conductas analíticas como la diferenciación y la descomposición, (Metz, 1991). Las representaciones múltiples en el módulo (Cook, 2006) - ruedas de diferentes tamaños y marcas en las ruedas - brindan información complementaria, restringiendo la información, dando índices específicos y construyendo la información a partir de la abstracción y la extensión de las relaciones entre las representaciones (Ainsworth, 2006).

Con respecto a las cintas en el módulo del aire, diseñadas como cursores para enfatizar el efecto de la salida del aire y focalizar la atención, no solo en la corriente sino cómo se modifica la corriente al acercar la pelota. Las cintas del módulo del aire son un ejemplo de representaciones externas orientadas específicamente a la visualización: las cintas fueron diseñadas para llamar la atención acerca de elementos esenciales para la solución del problema (Scaife y Rogers, 1996) que en el módulo del aire se relacionan con la variación de la corriente al acercar los objetos. Este elemento pasó desapercibido, quizás por no respetar el principio de congruencia por el cual la estructura y el contenido de una visualización deben corresponder con la estructura mental de las personas (Tversky, 2005). Su utilización por una minoría de los padres junto con la ausencia de la mención de las cintas para indicar la dirección del aire en la interacción de padres e hijos nos muestra que el efecto visualizador de este tipo de representaciones externas es limitado. Las cintas del módulo del aire no

se conformaron en *affordances* para controlar la interacción del aire y la pelota. En algunos museos se utilizan instrumentos de medición para visualizar algunos elementos de fenómenos que por ser imperceptibles, demasiado pequeños, grandes, rápidos o lentos, pasan desapercibidos. Este tipo de cursores es en ocasiones ignorado ya que no siempre puede ser correctamente interpretado por lo que no llega a ser incorporado a la actividad del visitante

El análisis funcional que guió esta investigación se enfocó en los apoyos del módulo: la información implícita acerca de entidades y relaciones entre entidades se tradujo en representaciones externas que en algunos casos modificaron las tareas de los visitantes y en otros no fueron tomadas en consideración. La utilización de estos apoyos no está garantizada y depende de la posibilidad de los visitantes de localizar la información, de los conocimientos previos del visitante, la accesibilidad de los fenómenos presentados (Allen, 2004), su complejidad conceptual (Pozo y Gómez Crespo, 1998) y de que los visitantes establezcan una adaptación mutua con el módulo (Schwartz y Martin, 1996). La propuesta que aquí presentamos encauza el diseño de los soportes de las actividades del módulo a partir del análisis funcional. Este análisis contrapone dos enfoques: el del museo y el del visitante y los traduce en la oferta interactiva. El esquema propuesto identifica pero no resuelve dificultades relacionadas con informaciones conceptuales, construcciones teóricas que las personas ignoran. Para este tipo de información son necesarios los carteles explicativos que según los datos de nuestra investigación son usados particularmente en situaciones de falta de conocimiento. A medida que se complica la tarea, las diferencias verbales entre los grupos son menos notorias, las marcas producen menos cambios y los carteles toman más preponderancia. Proponemos entonces un análisis funcional en un museo que delimite representaciones externas necesarias para:

- Describir los fenómenos con otros nombres
- Identificar variables y relaciones
- Contraponer efectos sorprendentes con respecto a lo conocido (paradoja)
- Usar códigos diversos y representaciones externas que manifiesten aspectos implícitos de la estructura abstracta del fenómeno.

9.4.1 Jerarquías de representaciones externas en un módulo – objetos, marcas y cursores

En cada uno de los estudios ubicamos un elemento (objetos, marcas o cursores) que apoyara las tareas relacionadas con los contenidos. Estas representaciones externas han permitido la participación inicial seguida por la participación prolongada (Humphrey y Gutwill, 2005), apoyando en algunos casos actitudes globales o analíticas.

Identificamos una jerarquía en las representaciones externas estudiadas. Podemos concluir que los objetos agregados a los módulos reestructuraron la tarea y funcionaron en general como parte de las conductas de iniciación. Dada su propia condición de objetos deben ser elegidos con atención para exteriorizar *affordances* específicos. No todo objeto logra apoyar actitudes epistémicas en un museo y de allí la necesidad de valorar su uso en los módulos en evaluaciones previas. Con respecto a las marcas que conforman elementos más sutiles: las marcas no son utilizadas en una primera aproximación al módulo sino que son manejadas después de la aparición de las conductas globales que tienden a armar distintos sistemas y a utilizar todos los elementos. Las marcas se complementan con las conductas de iniciación y abren oportunidades de actividad analítica prolongada. Por último, el desafío, sería utilizar cursores (instrumentos de medición u otros objetos representacionales como fotografías, videos y *feed-back* sonoro) que no solo ofrezcan información sino que funcionen como *affordances* cognitivos que reestructuren las tareas, ofreciendo índices viso-espaciales, permitiendo rastrear los pasos del problema, identificando interacciones y relaciones entre elementos y apoyando aquellas acciones destinadas a la exploración de los fenómenos.

Registramos asimismo el efecto de otros elementos presentes en los módulos, no controlados en esta investigación. En la configuración de las tareas propuestas al visitante elegimos representaciones externas que provocan los efectos y aquellas que lo dificultan o frenan (el uso de la cremallera en la mesa de las ruedas dentadas). Consideramos el riesgo de la frustración frente a dichos obstáculos pero entendemos que este tipo de representaciones externas en los módulos permite explorar los límites

del efecto y los elementos que, frenándolo, confirman la regularidad de los efectos (Bachelard, 1973). Las conductas automáticas que invitan a una repetición no permiten desarrollar las actitudes epistémicas deseadas para identificar las direcciones del cambio, las variables que lo afectan y para lograr las distintas interacciones con los módulos, entre ellas la adaptación mutua en la que el control y las elecciones de los visitantes se manifiestan.

Las elecciones de los apoyos deben ser verificadas en las evaluaciones previas de los módulos (Allen, 2004; Humphrey y Gutwill, 2005) ya que si bien el análisis funcional limita las opciones, es necesario tener en cuenta públicos muy variados. Al planificar los apoyos es imprescindible examinar las actividades del visitante y los cambios representacionales que debe afrontar. Asimismo, es importante considerar que algunos elementos deben quedar implícitos a fin de dar lugar a la elaboración de los visitantes (por ejemplo la inclusión del embudo flexible en el módulo del aire) para dar lugar a actos de significado e interpretación (Bruner, 1990) y no recaer en propuestas didácticas cerradas que no permiten las elecciones y el control relacionadas con las experiencias en los museos (Falk y Dierking, 2000).

9.4.2 ¿Módulos que enseñan o módulos que apoyan la actividad y el descubrimiento?

Proponemos en este apartado afrontar la tensión entre diseñar módulos que enseñen o módulos que apoyen la actividad y el descubrimiento de los visitantes. Se ha constatado que en módulos estructurados los visitantes extraen más fácilmente los contenidos, pero que su tiempo de interacción y la variedad de actividad son más reducidos (Allen, 2004). Asimismo, los padres brindan con mayor frecuencia explicaciones de procesos frente a módulos diagramáticos mientras que frente a módulos que presentan plantas o animales establecen relaciones a situaciones cotidianas (Eberbach y Crowley, 2005). De esta manera, la información explícita y estructurada estimula la explicitación pero no siempre la actividad del visitante. Por otro lado, frente a módulos que muestran fenómenos complejos los visitantes no siempre logran identificar los contenidos relevantes durante la interacción con el módulo e desatienden a los mensajes del museo (Crowley y Callanan, 1997; Gelman,

Massey y McManus, 1991). Relacionamos estas investigaciones con la efectividad de diagramas estáticos frente a animaciones (Tversky, 2005). En los diagramas se puede observar la estructura, pero no siempre es fácil obtener información acerca de procesos o funciones. Las animaciones en cambio, utilizan el cambio en el tiempo pero las personas hallan dificultad para organizar un movimiento continuo en una secuencia de acciones. Nuestro enfoque busca conciliar esta disyuntiva permitiendo por un lado la exploración de los fenómenos y la explicitación de los contenidos.

En la búsqueda de la actividad que permita a los visitantes identificar entidades y conceptos relevantes a partir de su interacción con el módulo, consideramos una de las limitaciones de los sistemas externos de representación relacionada con su naturaleza dual (DeLoache, 1995, 2000; Uttal, Scudder y DeLoache, 1997), ya que los módulos son a la vez objetos y objetos representacionales (Callanan, *et al.*, 2002). Esta naturaleza dual de ser objetos y de representar, exige que sean considerados como objetos de conocimiento y no solo instrumentos para ser activados que despiertan actitudes pragmáticas no reflexivas (Martí, 2003). Las conductas y actitudes epistémicas propuestas por este modelo intentan responder a esta limitación, ofreciendo *affordances* cognitivos que permitan a los visitantes definir tareas que inviten a la explicitación de los contenidos. Una vez más, no buscamos las demostraciones de fenómenos sino las ofertas interactivas que apoyen actividades por medio de las cuales los visitantes extraigan mecanismos y relacionen conceptos. Sería entonces necesario definir las representaciones externas como puntos de apoyo para el cómputo y la comparación y diseñar representaciones externas que apoyen tareas específicas. Las representaciones externas exitosas (Gutwill, 2008) funcionarían entonces como *affordances* cognitivos (Zhang y Patel, 2006) que invitan a la acción transformando la tarea y convirtiendo a las representaciones externas del módulo en tema de conversación y en objeto de conocimiento. Consideramos que si bien nuestros datos no son suficientes para solucionar esta disyuntiva ofrecen, sin embargo, una línea de análisis para diseñadores y educadores.

En el afán de despertar actitudes epistémicas proponemos usar las representaciones externas para restringir y orientar las tareas. Las representaciones externas en los módulos pueden funcionar como:

- ayuda memoria
- apoyo para el cómputo
- indicios viso-espaciales para predecir

Entendemos que el hecho de planificar tareas orientadas a distintos niveles de redescrición representacional (identificación de conductas y actitudes epistémicas, uso de códigos para apoyar cuantificación, información conceptual en carteles para apoyar ajustes de conocimientos) puede apoyar la mención de los contenidos durante la interacción, para beneficio de padres y niños.

9.4.3 Módulos como objetos representacionales

Más allá del análisis de representaciones externas específicas, pasamos a analizar los módulos como objetos representacionales. En el capítulo 4 hacíamos referencia a las diferencias entre los sistemas externos de representación y los módulos interactivos. Retomamos este análisis para conceptualizar el diseño de los módulos en el museo: los módulos como objetos representacionales no son una traducción directa de la realidad sino que son modelos de esta realidad según determinadas restricciones. Los módulos son creados con una función representacional específica (Tolchisky, 2003). Intentamos organizar un modelo que permita construir la función de la representación, y establecer reglas básicas de codificación, en base a la función de la representación, explicitando u omitiendo componentes (Objetos, marcas, objetos representacionales - videos, instrumentos de medición, y carteles-) para apoyar la actividad. Este modelo utiliza el marco del cambio conceptual y nos ayuda a identificar grados, establecer relaciones entre los temas del museo y los temas conocidos y desconocidos por los visitantes. Las exigencias conceptuales forman así parte del análisis de los módulos y la definición de las tareas y de la planificación de pequeños saltos que apoyen la explicitación durante la conversación. El modelo considera asimismo aquellos casos en los que la información conceptual es particularmente compleja, aquellos contenidos que no se

pueden definir como actividad del visitante. En estos casos en los que es improbable configurar módulos interactivos con actividades significativas para el visitante, es imprescindible recurrir a otro tipo de módulo (una simulación, un diorama, una demostración) para no caer en la manipulación gratuita no relacionada con los contenidos.

Los módulos interactivos exitosos son creados para apoyar interacciones en tiempo real y posibilitar la ejecución, la percepción y la interpretación de fenómenos (Norman, 1988). Los módulos interactivos funcionan como "espacio problema" (Simon y Hayes, 1979), frente a los cuales los visitantes establecen las metas durante la interacción, en algunos casos permitiendo la adaptación mutua, la re-definición de los problemas o la inducción de nuevos conocimientos. Retomando los aportes de la cognición distribuida (Hutchins, 1995; Pea, 1993; Zhang y Norman, 1994) y los enfoques que combinan las representaciones del individuo con la cognición situada (Nercessian, 2008, Pozo y Rodrigo, 2001, Vosniadou, 2007) seleccionamos las representaciones externas y los códigos que permitan la redescipción y revisión de los conocimientos. Por último, nuestro modelo resalta la intrincada relación entre conductas y metas estudiadas en la cognición situada. Según esta teoría, las conductas no son dirigidas por las metas ni las metas son condiciones para la acción. El significado de la tarea se construye en la acción (Lave, 1988) con las herramientas culturales (Cole, 1996; Rogoff, 2003; Vygotsky, 1986; Wretch, 1998) y los artefactos cognitivos (Hutchins, 1995). Mostramos a lo largo de esta tesis que algunos contenidos fueron expresados con el soporte del habla estratégica (Allen, 2002). Para diseñar las tareas, recurrimos al análisis funcional que relaciona los contenidos, el despliegue de la información y las actividades del visitante. Creemos que de esta manera podemos encontrar la especificidad de los módulos interactivos.

9.5 UN MODELO PARA EL ANÁLISIS Y EL DISEÑO DE MÓDULOS INTERACTIVOS

Conformamos entonces un modelo para el diseño de módulos que apoye la explicitación de los contenidos, basándose en las actividades de los visitantes. Este modelo nos ha sido útil para analizar las dificultades representacionales en módulos

existentes. De la misma manera puede guiar el diseño de futuros módulos ya que está orientado a formalizar las elecciones de diseñadores, comisarios y educadores en el desarrollo de los módulos interactivos que apoyen las conductas del visitante y las maneras de ver de la ciencia.

ANÁLISIS FUNCIONAL	Los mensajes del museo, enunciados a partir del cartel explicativo.
ANÁLISIS DEL USUARIO	Propuestas iniciales básicas: las primeras acciones que el visitante es invitado a realizar.
ANÁLISIS DE LAS TAREAS	Propuesta interactiva definida en términos de conductas epistémicas, los procedimientos y las restricciones a la acción.
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	Información explícita, implícita y conceptual. Representaciones externas específicas: Estructura y despliegue de la información en diversos códigos. Los objetos, las marcas, los objetos simbólicos y los carteles explicativos.
PATRONES DE ACTUACIÓN FOMENTADOS	Actitudes epistémicas que el módulo favorece. INVITAR A VER. CONTAR-COMPARAR, EXPLICAR LEER, PREDECIR (no estudiado, pero registrado en otros estudios) (NRC, 2009) PROVOCAR CONDUCTAS GLOBALES Y ANALITICAS.

Tabla 9.6: Modelo de análisis funcional de módulos interactivos

El objetivo de los módulos sería, entonces, manipular elementos con contenido que enfatizen las variables del módulo para explicitar contenidos a distintos niveles. Identificar las propiedades y las variables que afectan el fenómeno y la dirección del cambio puede apoyar el pasaje de la exploración a la explicitación. Si bien este modelo se basa en el análisis y el diseño de módulos interactivos individuales en un museo de ciencia, consideramos que, de manera general, puede apoyar asimismo el trabajo de equipos que diseñan exposiciones, al focalizar los mensajes de las muestras en las actividades y las actitudes epistémicas del visitante. Definir los objetivos en función de las tareas de los visitantes permite establecer los mensajes de la exposición y relacionarlos con la oferta interactiva y las actitudes epistémicas generales. Aplicamos el modelo propuesto al análisis de otro módulo en el museo de ciencias para evaluar su aplicabilidad:

ANÁLISIS FUNCIONAL (Los mensajes del museo)	Relación fuerza número Relación fuerza distancia
ANÁLISIS DEL USUARIO (Propuestas iniciales básicas)	Hacer fuerza para levantar. Usar la máquina para levantar a otro.
ANÁLISIS DE LAS TAREAS (Propuesta interactiva, procedimientos acciones, restricciones a la acción)	Tirar de una soga y de otra (para comparar). Ver cuando llega al final de la tarea Identificar en que se diferencian ambos sistemas Identificar cuando se llega al máximo. <u>Representaciones externas</u> : Indicios para seguir el camino de las sogas por las poleas (en sogas o en cartel).
ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN (Niveles de complejidad y despliegue de la información)	<u>Información explícita</u> : Existe una diferencia en la <i>fuerza</i> aplicada para levantar cada una de las sogas. <u>Información implícita</u> : Existe una diferencia en la <i>distancia</i> durante la que se aplica la fuerza. <u>Información conceptual</u> : la diferencia entre ambos sistemas reside en el número de poleas.
PATRONES DE ACTUACIÓN FOMENTADOS	INVITAR A VER CONTAR COMPARAR EXPLICAR PROVOCAR CONDUCTAS GLOBALES Y ANALITICAS.

Tabla 9.7: Modelo de análisis funcional para el módulo de las poleas

Retomando los lineamientos generales de la planificación de apoyos y actividades (resumido en el capítulo 2), nuestro modelo toma en cuenta y amplía estas categorías al:

- Respetar la necesidad de aprehensión inmediata (Allen, 2004) con posibilidad de elaboración más profunda (Barriault 1999; Gutwill y Humphrey, 2005; Schauble y Bartlet, 1997)
- Identificar las fallas en el diseño que puedan obstaculizar la interacción (vom Lehn, Heath y Hindmarsh, 2001)
- Utilizar distintos tipos de aparatos, para poder apoyar la redundancia y la constitución de la coherencia conceptual (Allen, 2004; Gelman, Massey y McManus, 1991)
- Ofrecer carteles explicativos que puedan ser usados por los padres como apoyo del aprendizaje (Hohenstein y Tran, 2007)

- Controlar el equilibrio entre la actividad y la explicitación de los mensajes (Allen, 2004, 2007; Eberbach y Crowley, 2007) en un mismo módulos o en módulos diferentes dentro de una misma exposición.

Insistimos en que los contenidos analizados en esta tesis se relacionan con el mundo físico: los niveles de análisis estudiados pertenecen a aspectos espaciales y mecánicos, relacionados con el movimiento y la velocidad. La actividad del visitante se encauza a controlar la intensidad y la dirección del cambio (secuencias y simultaneidades), registrar qué queda fijo y qué cambia por medio de marcas e inscripciones que orientan la explicitación de las variables de los módulos. Muchos de los módulos de los museos de ciencia se ocupan de la física clásica y entran dentro de esta categoría. Aun así, consideramos viable apoyar el diseño de ingenios con contenidos diversos (temas de ciencias naturales o sociales) para apoyar la conversación acerca de contenidos específicos utilizando tareas relativas a estos módulos.

Comparamos este modelo con modelos existentes orientados a planificar módulos interactivos. Recordamos el análisis de los módulos como modelos Gilbert y Stocklmayer (2001) y de Falcao *et al.*, (2004). El análisis de los módulos como modelos hace referencia exclusivamente a la relación entre los módulos y los conceptos que se quiere demostrar y a la manera en que los visitantes reconocen las ideas representadas en los módulos, sin tomar en cuenta las actividades del visitante. Una razón para la diferencia de enfoque puede circunscribirse a las edades de los niños en los que concentramos nuestro estudio ya que los participantes de los otros estudios eran alumnos de escuela media y adultos. Nuestro procedimiento rescata las tareas del visitante, la oferta del museo y las representaciones externas que la apoyan para construir un soporte experimental y exploratorio. La propuesta de Humphrey y Gutwill (2005) clasifica cuatro tipos actividades frente a los módulos interactivos (*investigación, exploración, construcción y observación*). Recordamos que esta clasificación surge como respuesta al interés de identificar módulos interactivos que permitan a los visitantes investigar sus propias preguntas (Tisdal y Perry, 2004). Proponemos ampliar esta clasificación por medio del análisis funcional y relacionamos la atracción inicial del módulo con las tareas iniciales básicas y la

actividad prolongada (Gutwill y Thogersen, 2005) con las tareas definidas en términos de conductas epistémicas. De esta manera concordamos con el análisis inicial del usuario, pero incluimos los patrones de actuación para definir los módulos, sin dejar de lado la variedad de la actividad y la importancia de los mensajes. Comparamos nuestra propuesta con modelos acerca de cómo evaluar el aprendizaje en el museo: Barriault (1999) identificaba conductas *de iniciación, transición y ruptura*. Este modelo orienta a los diseñadores y permite evaluar los módulos y su efectividad para el aprendizaje en museos, siendo uno de los pocos modelos que indica que una de las conductas de ruptura (actividad prolongada) es hacer comparaciones. Sin embargo, este marco de análisis no toma en cuenta la diferente complejidad de los contenidos ni las distintas técnicas de interpretación. Borun, *et al.*, (1998) mencionaban patrones de actuación *de identificar, describir y aplicar e interpretar*. Nuestro procedimiento rescata las tareas específicas brindando la posibilidad de planificar conductas relacionadas con los contenidos del módulo, para estimular las conductas deseadas. Por último, concordamos con la propuesta de Martin y Tonn (2003) que utiliza la teoría de la actividad para guiar la extracción de significado a partir de la actividad del visitante, pero agregamos elementos de trabajo para el análisis de módulos existentes y el diseño de nuevos módulos.

9.6 LIMITACIONES DE ESTE TRABAJO Y NUEVAS PREGUNTAS

Con esta y otras investigaciones tenemos un panorama creciente acerca de la naturaleza de la interacción y los contenidos explicitados frente a los módulos interactivos. Realizada en el contexto natural del museo, nuestra investigación se concentró en módulos existentes, lo que nos proporcionó un espectro limitado de manipulación experimental. Por ejemplo, agregamos objetos, marcas y en algunos casos carteles pero no pudimos ampliar más allá de estos límites nuestro marco de acción. Un desarrollo futuro del marco de análisis presentado en esta tesis abre el campo de investigaciones para la caracterización de las ayudas específicas. Del mismo modo que algunas investigaciones han comparado modelos esquemáticos y auténticos (Eberbach y Crowley, 2005) es necesario aún comparar el efecto de representaciones externas de distinto tipo, como objetos agregados, marcas, carteles

explicativos y objetos representacionales como el video en un mismo módulo (Callanan, *et al.*, 2002; Triona y Klahr, 2003; Taylor y Chi, 2006) y estudiar su eficacia relativa. Un primer intento fue realizado en el módulo de las ruedas dentadas al comparar el efecto de las marcas y los carteles. Nuevas comparaciones nos brindarían información acerca de elementos de accesibilidad mayor, elementos que marquen prioridades, definan tareas u ocasionen conflictos al mismo tiempo que hagan visible la estructura básica del módulo. Específicamente se podrían estudiar las propiedades de los instrumentos de medición y otros cursores que, permitiendo el establecimiento de relaciones cuantitativas, transformaran las tareas del visitante. Consideramos necesario asimismo profundizar acerca del efecto de los módulos contra-intuitivos comparando varios módulos que presentan este tipo de efectos para conceptualizar con mayor profundidad su valor en el marco de un museo. Nuestra investigación no logró identificar aquellas representaciones "interesantes" (Gutwill, 2008) ofreciendo solamente un modelo de análisis inicial que sin duda puede ser desarrollado. Una aplicación futura del modelo podría identificar representaciones externas que apoyen la exploración de módulos contra-intuitivos y el desarrollo de actitudes analíticas para revelar relaciones entre variables significativas y evitar la dependencia exclusiva de los carteles. Con respecto a los patrones de actuación identificados, nos preguntamos acerca de los límites de la cuantificación: ¿Cuándo las conductas de matematizar y explicar pasan a ser una carga y transforman la interacción en una lección? ¿Cuál es el límite entre la interacción abierta y los módulos demasiado estructurados? Si bien plateamos estos aspectos al revisar las visualizaciones frente a las propuestas interactivas, quedan aún interrogantes al respecto. Por último, nos referimos al público: los padres y las madres que participaron en los estudios, mostraron en su mayoría, un alto nivel de escolaridad. Para generalizar los datos de este estudio, sería necesario comparar más profundamente el rol de padres y madres de escolaridad baja, logrando identificar apoyos que fueran accesibles y reconocidos por ellos en la línea de investigaciones que vienen desarrollando Siegel *et al.*, (2007).

9.7 OBSERVACIONES FINALES

Señalábamos en el capítulo 2 de esta tesis doctoral, al mencionar a los críticos de la interactividad, que la efectividad de los museos interactivos no llega en realidad a apoyar la comprensión más profunda de los principios de la ciencia. Se cuestionaba, asimismo, el excesivo énfasis en fenómenos aislados y sus resultados y no en los procesos que los originan (Bradburne, 1998), creándose la imagen de una ciencia descontextualizada. Indicábamos, además, que los módulos interactivos no necesariamente llevan a una relación más democrática y abierta del museo con el público ya que en ocasiones las interacciones son netamente didácticas (Witcomb, 2006) y que la interactividad, inicialmente propuesta para reducir la pasividad, en realidad aumenta la alineación (Hennig (2007)). Marcábamos, por último, que si bien la interactividad puede llegar a ser altamente placentera es inefectiva si no se invita a los visitantes a concentrarse, recapitular y rever la experiencia (Osborne, 1998).

Intentamos verificar si los resultados presentados en esta tesis logran dar respuestas a las críticas presentadas. Revisamos los resultados obtenidos a la luz de los funciones de las instituciones de aprendizaje informal de ciencias (NSF, 2009) mencionado en el capítulo 2. Encontramos que particularmente dos de los objetivos se reflejan en nuestros resultados:

- *Llegar a generar, comprender, recordar y usar conceptos, explicaciones, argumentos, modelos y datos hechos relacionados con la ciencia.*
- *Manipular, probar, explorar, predecir, cuestionar, observar y dar sentido del mundo natural y físico.*

Entendemos que ambos puntos muestran las interacciones estudiadas ya que en la elaboración de los conceptos durante las conversaciones, ajustes y correcciones mutuas, padres y niños construyen su conocimiento y lo comparten utilizando lenguaje y conceptos que la ciencia utiliza. En cuanto a los efectos motivadores del museo: si bien no controlamos directamente esta variable, podemos encontrar en el tiempo de interacción (en la *Salita de espejos*) una medida del interés de los visitantes

respondiendo a la primera función: *Experimentar entusiasmo, interés, y motivación para aprender acerca de los fenómenos del mundo natural y el mundo físico.*

Otros aspectos como

- *Reflexionar acerca de la ciencia como una manera de conocer; acerca de procesos, conceptos e instituciones de la ciencia y acerca de su propio proceso de aprendizaje acerca de los fenómenos,*
- *Participar en actividades científicas y en prácticas científicas con otros, utilizando lenguaje y herramientas científicas*
- *Pensar acerca de si mismos como aprendices de ciencia y desarrollar su identidad como alguien que conoce acerca de la ciencia, la usa y en determinadas ocasiones contribuye a la ciencia*

deben ser completados a partir de la participación en actividades guiadas por el personal de los museos y otras instituciones de educación formal e informal en procesos más prolongados.

A lo largo de esta tesis, nos hemos referido en varias oportunidades a las distintas agendas de padres y niños. Retomamos entonces el valor del aprendizaje familiar en el museo y lo redefinimos: Basándonos en nuestros resultados, intentamos dar elementos a los diseñadores para planificar interacciones que tomen en cuenta a los niños y a los padres. Insistimos en que algunos museos *conservan* el mito de los visitantes individuales. Frecuentemente los módulos son diseñados para la actividad de un visitante sin considerar la acción de grupos de amigos o familias que interactúan. Los individuos de estos grupos en ocasiones colaboran unos con otros y en otras interfieren uno en la actividad del otro, adoptando roles conflictivos. Esta tesis estudió los elementos del diseño que pueden aportar y sostener aspectos de colaboración de los padres y de los niños. Recordamos que la regulación demasiado estricta de la actividad no dará lugar a la elaboración propia: un material demasiado estructurado probablemente ofrecería explicaciones antes de permitir la definición de los fenómenos, mencionaría elementos no accesibles, mostraría sin dejar tocar y cambiar configuraciones para ver los efectos. Buscamos elementos para contrarrestar estas tendencias y devolver a los padres y a los niños la regulación conjunta de la

actividad, dejando lugar a la elaboración propia, la adaptación mutua y al desarrollo de actitudes epistémicas y no solo pragmáticas.

Un módulo efectivo entonces

- Muestra un fenómeno interesante,
- Propone acciones de contraste y cuantificación
- Muestra relaciones entre entidades comprensibles accesibles para niños o adultos.
- Muestra la dirección del cambio y la manera de desdoblar procesos

Una última observación personal: al comienzo de este trabajo, me interesó el lugar de la interpretación en el museo. Buscaba identificar cómo los visitantes daban significado a sus conductas. Mi propia redescrición es haber podido identificar las actitudes epistémicas en el museo, a través de la cuales los visitantes no solo interpretan sus acciones, sino conforman las metas de su propia interacción. La irrealidad de un cambio conceptual radical en el contexto de un museo refleja en alguna medida la dificultad que enfrentan los profesores de enseñanza de ciencias en sus aulas en los distintos niveles de la escolaridad. Frente a estas limitaciones, puntualizamos el valor de las conductas y actitudes en el marco de un museo de ciencias. Encontramos en las conductas epistémicas específicas y en las actitudes epistémicas generales uno de los aportes fundamentales de esta investigación.

REFERENCIAS

- Abu-Shumays, M., y Leinhardt, G. (2002). Two docents in three museums: Central and peripheral participation. En K. C. G. Leinhardt, y K. Knutson (Ed.), *Learning conversations in museums* (pp. 45 - 80). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Adams, M., Luke, J. J., y Moussouri, T. (2004). Interactivity: Moving beyond terminology. *Curator (special issue on interactives)*, 47(2), 155-170.
- Afonso, A. S., y Gilbert, J. K. (2006). The use of memories in understanding interactive science and technology exhibits. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1523-1544.
- Ainsworth, S. E. (2006). DeFT: A conceptual framework for learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183-198.
- Alibali, M. W., Kita, S., y Young, A. J. (2000). Gesture and the process of speech production: we think, therefore we gesture. *Language and Cognitive Processes*, 15, 593-613.
- Allen, S. (1997). Using scientific inquiry activities in exhibit explanations. *Science Education*, 81(6), 713-734.
- Allen, S. (2002). Looking for learning in visitor talk: A methodological exploration. En G. Leinhardt, K. Crowley y K. Knutson (Eds.), *Learning conversations in museums*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associate.
- Allen, S. (2003). *To partition or not to partition: The impact of walls on visitor behavior at an exhibit cluster*. Paper presented at the Paper presented at the annual meeting of the Association of Science-Technology Centers.
- Allen, S. (2004). Designs for learning: Studying *science museum* exhibits that do more than entertain. *Science Education*, 88 (1), S17-S33.
- Allen, S. (2008). Evaluating Exhibitions. In A. Friedman (Ed.), *Framework for Evaluating Impacts of Informal Science Education Projects*. Washington D.C.: National Science Foundation.
- Allen, S. (2008). Tools, Tips, and Common issues in evaluation experiemental design choises En A. Friedman (Ed.), *Framework for Evaluating Impacts of Informal Science Education Projects*. . Washington D.C.: National Science Foundation.
- Allen, S., Gutwill, J., Perry, D. L., Garibay, C., Ellenbogen, K. M., Heimlich, J. E., et al. (2007). Research in museums: Coping with complexity. En J. H. Falk, L. D. Dierking y S. Foutz (Eds.), *In principle, in practice: Museums as learning institutions* (pp. 229-245). Lanham, MD: AltaMira Press.
- Andersen, C., Scheuer N., Pérez Echeverría, M.P., y Teubal, E. (Eds.). (2009). *Representational systems and practices as learning tools*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Anderson, D., Lucas, K. B., y Ginns, I. S. (2003). Theoretical perspectives on learning in an informal setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 177-199.
- Anderson, D., Lucas, K. B., Ginns, I. S., y Dierking, L. D. (2000). Development of knowledge about electricity and magnetism during a visit to a science museum and related post-visit activities *Science Education*, 84(5), 658-679.
- Anderson, D., Piscitelli, B., Weier, K., Everett, M., y Tayler, C. (2002). Children's museum experiences: Identifying powerful mediators of learning. *Curator*, 45(3), 213-231.

- Anderson, D., Storksdieck, M., y Spock, M. (2007). The long-term impacts of museum experience. En J. Falk, L. Dierking y S. Foutz (Eds.), *In Principle, In Practice - New Perspectives on Museums as Learning Institutions* (pp. 197-215). Walnut Creek: Alta Mira Press.
- Ansbacher, T. (1998). John Dewey's Experience and Education: Lessons for Museums. *Curator*, 41(1), 36-49.
- Asensio, M. (2000). Estudios de público, evaluación de exposiciones como metodología de planificación museológica: El caso del Museu Maritim de Barcelona. *Museo*, 5, 73-104.
- Asensio, M., y Pol, E. (2002). *Nuevos Escenarios en Educación. Aprendizaje informal sobre el patrimonio, los museos y la ciudad*. Buenos Aires: Aique.
- Asensio, M., y Pol, E. (2005). Evaluación de exposiciones. En J. Santacana Mestre y N. Serrat Antolí (Eds.), *Museografía Didáctica*. Barcelona: Ariel.
- Ash, D. (2003). Dialogic Inquiry and Biological Themes and Principles: Implications for Exhibit Design. *Journal of Museum Education*, 28(2), 8-13.
- Ash, D. (2007). Using video data to capture discontinuous science meaning making in non-school settings. En R. Goldman, R. Pea, B. Barron y S. J. Derry (Eds.), *Video Research in the Learning Sciences*. Mahwah, NJ LEA.
- Ash, D., Crain, R., Brandt, C., Loomis, M., Wheaton, M., y Bennett, C. (2007). Talk, tools, and tensions: Observing biological talk over time. *International Journal of Science Education*, 29(12), 1581 - 1602.
- Atkins, L. J., Velez, L., Goudy, W. D., y Dunbar, K. N. (2009). The unintended effects of interactive objects and labels in the science museum. *Science Education*, 93(1), 161-184.
- Ausubel, D., Novak, J. D., y Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: a cognitive view* (2nd ed.). New York: Hold, Rinehart y Winston.
- Bachelard, G. (1973). *Epistemología*. Barcelona: Anagrama.
- Bamberger, Y., y Tal, T. (2007). Learning in a personal-context: Levels of choice in a free-choice learning environment in science and natural history museums. *Science Education*, 91, 75-95.
- Barriault, C. (1999). The Science Center Learning Experience: A Visitor-Based Framework Revisado 8.6.2008, 2008, en <http://www.informallearning.com/archive/1999-0304-c.htm>
- Barry, A. (1998). On interactivity: consumers, citizens and culture. En S. Macdonald (Ed.), *The Politics of display: Museum, science, culture* (pp. 98-117). New York, NY: Routledge.
- Beckerman, Z., Burbules, N.C., y Silberman - Keller, D. (Eds.). (2006). *Learning in Places: The Informal Education Reader*. New - York: Peter Lang.
- Bécue, M. (1991). *Análisis Estadístico de Datos Textuales: Métodos de Análisis y Algoritmos*. Cisia: París.
- Benlloch, M. y Pozo, J.I. (1996). What changes in conceptual change? From ideas to theories. En G. Welford; J. Osborne y P. Scott (Eds.) *Research in Science and Education in Europe*. Londres: Falmer Press.
- Benlloch, M., y Williams, V. (1998). Influencia Educativa de los Padres en una visita al Museo de la ciencia: Actividad compartida entre Padres e Hijos frente a un Módulo. *Enseñanza de la Ciencias*, 16(3), 451-460.
- Benson, D. L., Wittrock, M. C., y Baur, M. E. (1993). Students' preconceptions of the nature of gases. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6), 587-597.
- Benzécri, J. P. (1981). *Pratique de l'analyse des données*. Paris: Dunod.

- Bertamini, M., y Parks, T. E. (2005). On what people know about images on mirrors. *Cognition and Instruction*, 98, 85-104.
- Besson, U. (2004). Students' conceptions of fluids. *International Journal of Science Education*, 26(14), 1683-1714.
- Bicknell, S., y Farmelo, G. (Eds.). (1993). *Museum Visitor Studies in the 90s*. London: Science Museum.
- Bitgood, S. (2002). Environmental Psychology in Museums, Zoos, and other exhibition centers. En R. Bechtel y A. Churchman (Eds.), *Handbook of Environmental Psychology* (pp. 461-480). New York: John Wiley y Sons.
- Bitgood, S., Serrel, B., y Thompson, D. (1994). The impact of informal Education on Visitors to museums. En V. Crane, M. Chen, S. Bitgood, B. Serrell, D. Thompson, H. Nicholson, F. Weiss y P. Campbell (Eds.), *Informal science learning: What the research says about television, science museums and community-based projects*. Dedham, MA: Research Communications, Ltd.
- Borghini, L., De Ambrosio, A., Grossi, M. G., Zoppi, D., y Massara, C. I. (1988). Knowledge of air: A study of children aged between 6 and 8 years. *International Journal of Science Education*, 10, 179-188
- Borun, M., Chambers, M., y Cleghorn, A. (1996). Families are Learning in Science Museums. *Curator*, 39(2), 123-138.
- Borun, M., Dritdas, J., Jonson, J., Peter, N. E., Wagner, K. F., Fadigan, K., et al. (1998). *Family learning in museums: The PISEC perspective*. Philadelphia, PA: The Franklin Institute.
- Borun, M., Massey, C., y Lutter, T. (1993). Naive knowledge and the design of science museum exhibits. *Curator*, 36(3), 201 - 219.
- Bradburne, J. M., 7(3), 237. (1998). Dinosaurs and white elephants: The science center in the twenty-first century. *Public Understanding of Science*, 7(3), 237-253.
- Bradburne, J. (2000). *Interaction in the museum: observing supporting learning*. Hamburg: Libri/Books on Demand.
- Briseño, A., Anderson, D., y Anderson, A. (2007). Adult learning experience from an aquarium visit: The role of social interaction in family groups. *Curator*, 50(3), 299-318.
- Brown, E., y Hammer, D. (2008). Conceptual Change in Physics In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* London: Routledge (Taylor y Francis).
- Bruner, J. (1990). *Acts of Meaning*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Bruner, J. (1996). Frames for thinking, ways of making meaning. In D. R. Olson y N. Torrance (Eds.), *Modes of thought, Explorations in culture and cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Butler, S. (1992). *Science and technology museums*. Leicester: Leicester University Press.
- Callanan, M., y Braswell, G. (2006). Parent-child conversations about Science and Literacy: Links between Formal and Informal Learning. En Z. Bekerman, N.C. Burbules, D. Silberman-Keller (Ed.), *Learning in Places: The informal education reader*. New York: Peter Lang.
- Callanan, M. A., y Jipson, J. L. (2001). Explanatory conversations and young children's developing scientific literacy. En K. Crowley, C. Schunn y T. Okada (Eds.), *Designing for Science: Implications from Everyday, Classroom and Professional Settings* (pp. 21-49). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum

- Associates.
- Callanan, M. A., Jipson, J. L., y Soennichsen, M. S. (2002). Maps, globes, and videos: Parent-child conversations about representative objects. En S. Paris (Ed.), *Perspectives on Object-Centered Learning in Museums* (pp. 261-284). Mahwah, N.J.: LEA.
- Callanan, M. A., Siegel, D. R., y Luce, M. R. (2007). Conventionality in family conversations about everyday objects. *New directions for child and adolescent development*, 115, 83-97.
- Caravita, S., y Halldén, O. (1994). Re-framing the problem of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 89-111.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition: enrichment or conceptual change? En S. Carey y R. Gelman (Eds.), *The Epigenesis of Mind: Essays in Biology and Cognition* (pp. 257-291). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Carey, S., y Spelke, E. (1994). Domain specific knowledge and conceptual change. En L. Hirschfeld y S. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture*. New York: Cambridge University Press.
- Caulton, T. (1998). *Hands-on Exhibitions: managing interactive museums and science centres*. London: Routledge.
- Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science: Minnesota Studies in the Philosophy of Science* (pp. pp. 129-186). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
- Chi, M. T. H. (2005). Common sense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences*, 14, 161-199.
- Chi, M. T. H. (2008). Three types of conceptual change: Belief revision, mental model transformation, and categorical shift. En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of research on conceptual change*. London: Routledge (Taylor y Francis)
- Chi, M. T. H., Feltovich, P., y Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., y Farr, M. J. (Eds.). (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, NJ Erlbaum.
- Chi, M. T. H., y Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. En M. Limón y L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice* (pp. 3-27). The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Chi, M. T. H., Slotta, J. D., y de Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Chinn, C. A., y Brewer, W. F. (1993). The role of anomalous data in knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- Chinn, C. A., y Brewer, W. F. (1998). An empirical test of a taxonomy of responses to anomalous data in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6), 623-654.
- Clark, A. (1997). *Being There*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Clement, J. (1993). Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1241-1257.
- Clement, J. (2008). The Role of Explanatory Models in Teaching for Conceptual Change En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of research on conceptual change*. London: Routledge (Taylor y Francis).
- Cole, M. (1996). *Cultural Psychology, A once and future discipline*. Cambridge: Harvard University Press.
- Coll, C., y Rochera, M. J. (2000). Actividad conjunta y traspaso del control en tres secuencias didácticas sobre los primeros números de la serie natural. *Infancia y Aprendizaje*, 92, 109-130.
- Cook, M. (2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles. *Science Education*, 90(6), 1073 - 1091.
- Cox, R. (1999). Representation, construction, externalized cognition and individual differences. *Learning and Instruction*, 9, 343-363.
- Crane, V. (1994). An introduction to informal science learning and research. En V. Crane, M. Chen, S. Bitgood, B. Serrell, D. Thompson, H. Nicholson, F. Weiss y P. Campbell (Eds.), *Informal science learning: What the research says about television, science museums and community-based projects*. Dedham, MA: Research Communications, Ltd.
- Crane, V., Chen, M., Bitgood, S., Serrell, B., Thompson, D., Nicholson, H., Weiss F. y Campbell, P. (Eds.). (1994). *Informal science learning: What the research says about television, science museums and community-based projects*. Dedham, MA: Research Communications, Ltd.
- Crowley, K., y Callanan, M. A. (1998). Identifying and supporting shared scientific reasoning in parent-child interactions. *Journal of Museum Education*(23), 12-17.
- Crowley, K., y Callanan, M. A. (2001). Parents Explain More Often to Boys than to Girls During Shared Scientific Thinking. *Psychological Science*, 12, 258-261.
- Crowley, K., Callanan, M. A., Jipson, J. L., Galco, J., Topping, K., y Shrager, J. (2001). Shared scientific thinking in everyday parent-child activity. *Science Education*, 85(6), 712-732.
- Crowley, K., y Galco, J. (2001). Everyday activity and the development of scientific thinking. En K. Crowley, C. D. Schunn y T. Okada (Eds.), *Designing for science: Implications from everyday, classroom, and professional settings* (pp. 123 - 156). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Crowley, K., Schunn, C. D., y Okada, T. (Eds.). (2002). *Designing for science: Implications from everyday, classroom, and professional settings*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Crowley, K., y Siegler, R. S. (1999). Explanation and generalization in young children's strategy learning. *Child Development*, 70, 304-316.
- Csikszentmihalyi, M., y Hermanson, K. (1995). Intrinsic motivation in museums: What makes a visitor want to learn? *Museum News*, 74(3), 34-37 + 59-61.
- Danilov, V. J. (1982). *Science and technology centers*. Cambridge, MA: MIT Press.
- DeLoache, J. S. (1995). Early understanding and use of symbols: The model model. *Current Directions in Psychological Science*, 4(4), 109-113.
- DeLoache, J. S. (2000). Dual representation and young children's use of scale models. *Child Development*, 71, 329-338.

- DeLoache, J. S., y Burns, N. M. (1994). Early understanding of the representational function of pictures. *Cognition and Instruction*, 52, 83-110.
- DeWitt, J., y Osborne, J. (2007). Supporting teachers on science-focused school trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, 29(6), 685-710.
- Diamond, J. (1986). The behaviour of family groups in science museums. *Curator*, 29, 139-154.
- Diamond, J. (1999). *Practical Evaluation Guide. Tools for Museums y Other Informal Educational Settings*. Walnut Creek: Alta Mira Press.
- Dienes, Z., y Perner, J. (1999). A theory of implicit and explicit knowledge (target article). *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 735-755.
- Dierking, L. D., Ellenbogen, K. M., y Falk, J. H. (2004). In Principle, in Practice: Perspectives on a decade of museum learning research (1994-2004). *Science Education*, 88, S1-S3.
- Dierking, L. D., y Pollock, W. (1998). *Questioning assumptions: an introduction to front-end studies in museums*. Washington DC: Association of Science Technology Centers (ASTC).
- diSessa, A. (1993). Towards an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105-225.
- diSessa, A. (2002). Why "conceptual ecology" is a good idea. En M. Limón y L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 29-60). Dordrecht: Kluwer.
- diSessa, A. (2008). A Bird's-Eye View of the "Pieces" vs. "Coherence" Controversy (From the "Pieces" Side of the Fence) En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 35-60). London: Routledge (Taylor y Francis).
- Dixon, J. A., y Bangert, A. (2004). On the spontaneous discovery of a mathematical relation during problem solving. *Cognitive Science*, 28, 433-449.
- Dixon, J. A., y Bangert, A. S. (2002). The prehistory of Discovery: Precursors of Representational Change in Solving Gear System Problems. *Developmental Psychology*, 38(6), 918-933.
- Dixon, J. A., y Dohn, M. C. (2003). Redescription disembeds relations: Evidence from relational transfer and use in problem solving. *Memory y Cognition*, 31(7), 1082-1093.
- Dixon, J. A., y Kelley, E. (2007). Theory revision and redescription: Complementary processes in knowledge acquisition. *Current Directions in Psychological Science*, 16, 111-115.
- Donald, M. (1993). Précis of *Origins of the modern mind*: Three stages in the evolution of culture and cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 16, 737-791.
- Driver, R., Guesne, E., y Tiberghien, A. (Eds.). (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes, U.K: Open University Press.
- Duit, R. (1999). Conceptual change. Approaches in science education. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.), *New Perspectives on conceptual change*. Oxford: Elsevier.
- Duit, R. (2006). *Bibliography - STCSE: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Revisado 11.5.2009:
<http://www.ipn.uni-kiel.de/aktuell/stcse/stcse>

- Dunbar, K. (2001). What scientific thinking reveals about the nature of cognition. En K. Crowley, C. D. Schunn y T. Okada (Eds.), *Designing for Science: Implications from Everyday, Classroom, and Professional Settings*. Hillsdale: NJ: LEA.
- Dunbar, K., Fugelsang, J., y Stein, C. (2007). Do Naïve Theories Ever Go Away? Using Brain and Behavior to Understand Changes in Concepts. En M. C. Lovett y P. Shah (Eds.), *Thinking with Data*. London: Routledge
- Durant, J. (Ed.). (1992). *Museums and the public understanding of science*. London: Science Museum.
- Eberbach, C., y Crowley, K. (2005). From living to virtual: Learning from museum objects. *Curator*, 48(3), 317 - 338.
- Eco, U. (2000). *De los espejos y otros ensayos* (segunda edición ed.). Buenos Aires: Lumen.
- Ehrlen, K. (2008). Children understanding of globes a a model of the Earth: A problem of contextualizing. *International Journal of Science Education*, 30(2), 221-238.
- Ellenbogen, K. M., Luke, J. J., y Dierking, L. D. (2004). Family Learning Research in Museums: An Emerging Disciplinary Matrix? *Science Education*, 88(1), 48-59.
- Engel Clough, E., y Driver, R. (1985). What do students understand about pressure in fluids? *Research in Science y Technological Education*, 3(2), 133-144.
- Falcao, D., Colinviaux, D., Krapas, S., Querioz, G., Alves, F., Cazelli, S., Valente, M. E., y Gouvea, G. (2004). A model-based approach to science exhibition evaluation: a case study in a Brazilia astronomy museum. *International Journal of Science Education*, 26(8), 951-978.
- Falk, J. H. (1982). The use of time as a measure of visitor behavior and exhibit effectiveness. *Journal of Museum Education: Roundtable Reports*, 7(4), 10-13.
- Falk, J. H. (1983). Time and Behavior as Predictors of Learning. *Science Education*, 67, 267-276.
- Falk, J. H. (1997). Testing a museum exhibition design assumption: The effect of explicit labeling of exhibit clusters on visitor concept development. *Science Education (Informal Science Education - Special Issue)*, 81(6), 679-688.
- Falk, J.H. (2009) *Identity and the Museum Visitor Experience*, Walnut Creek, CA: Left Coast Press.
- Falk, J. H., y Dierking, L. (1997). School Field trips: Assessing Their Long-Term Impact. *Curator*, 40(3), 211-217.
- Falk, J. H., y Dierking, L. D. (2000). *Learning from museums*. Walnut Creek, CA: AltaMira Press.
- Falk, J. H., y Adelman, L. M. (2003). Investigating the impact of prior knowledge and interest on aquarium visitor learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 163-176.
- Falk, J. H., y Dierking, L. D. (1992). *The Museum experience*. Washington, DC: Whaleback Books.
- Falk, J. H., y Dierking, L. D. (Eds.). (1995). *Public Institutions for Personal Learning: Establishing a Research Agenda*. . Washington, D.C: American Association of Museums.
- Falk, J. H., Dierking, L. D., y Foutz, S. (Eds.). (2007). *In Principle-In Practice: Museums as Learning Institutions*. Lanham, MD: AltaMira Press.

- Falk, J. H., Moussouri, T., y Coulson, D. (1998). The effect of visitors' agendas on museum learning. *Curator*, 41(2), 106-120.
- Falk, J. H., y Storksdieck, M. (2005). Using the contextual model of learning to understand visitor learning from a science center exhibition. *Science Education*, 89(5), 744-778.
- Fassoulopoulos, G., Kariotoglou, P., y Koumaras, P. (2003). Consistent and Inconsistent Pupils' Reasoning about Intensive Quantities: The Case of Density and Pressure. *Research in Science Education*, 33(1), 71-87.
- Feher, E. (1990). Interactive museum exhibits as tools for learning: explorations with light. *International Journal of Science Education*, 12(1), 35-49.
- Feher, E., y Rice, K. (1985). Development of scientific concepts through the use of interactive exhibits in a museum. *Curator*, 28(1), 35 - 46.
- Fors, V. (2006). *The Missing Link in Learning in Science Centres*. Tesis Doctoral no publicada, Luleå University of Technology, Department of Educational Sciences.
- Friedman, A. (Ed.). (2008). *Framework for Evaluating Impacts of Informal Science Education Projects*. Washington D.C: National Science Foundation.
- Friedman, A. J. (2007). The extraordinary growth of the science-technology museum. *Curator*, 50(1), 63 - 75.
- Gago, J. M. (2004). *Europe needs more scientists, increasing human resources for science and technology in Europe*. Luxemburg: Office for Oficial publications for the European Communities.
- Gauvain, M. (2001). Cultural tools, Social interaction and the development of thinking. *Human, Development*, 44, 126-143.
- Gelman, R., Massey, C. M., y McManus, M. (1991). Characterizing supporting environments for cognitive development: Lessons from children in a museum. En L. B. Resnick, J. M. Levine y S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition* (pp. 226-256). Washington, DC: APA.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, 7, 155-170.
- Gentner, D., Loewenstein, J., y Thompson, L. (2003). Learning and transfer: A general role for analogical encoding. *Journal of Educational Psychology*, 95(2), 393-408.
- Gentner, D., y Stevens, A. (Eds.). (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Getty Center for Education in the Arts (1991). *Insights, Museum, Visitors, Attitudes, Expectations: A Focus Group Report*. Los Angeles: J. Paul Getty Trust.
- Gibson, J. J. (1979). *The ecological approach to visual perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin.
- Gilbert, J. (Ed.). (2005). *Visualization in science education*. London: Kluwer.
- Gilbert, J., y Priest, M. (1997). Models and discourse: A primary school science class visit to a museum. *Science Education*, 81, 749-762.
- Gilbert, J. K., y Boulter, C. (Eds.). (2001). *Developing models in science education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Gilbert, J. K., Reiner, M., y Nakhleh, M. (Eds.). (2008). *Visualization: Theory and Practice in Science Education*. New York: Springer.
- Giordan, A., y De Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber*. Barcelona: Diada.
- Gleason, M., y Schauble, L. (1999). Parents' assistance of their children scientific reasoning. *Cognition and Instruction*, 17(4), 343-378.

- Gobert, J., y Buckley, B. (2000). Special issue editorial: Introduction to model-based teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 22(9), 891-894.
- Goldin-Meadow, S. (2004). Gesture's Role in the Learning Process. *Theory Into Practice*, 43(4), 314-321.
- Goldman, R., Pea, R., Barron, B., y Derry, S. J. (Eds.). (2007). *Video in Research in the Learning Sciences*. Mahwah, NJ LEA.
- Goldman, S. R. (2003). Learning in complex domains: when and why do multiple representations help? *Learning and Instruction*, 13(2), 239-244.
- Gómez Crespo, M. A., Pozo, J. I., y Gutiérrez Julián, M. S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*, 15(3), 198-209.
- Gómez Crespo, M. A., Pozo, J. I., y Sanz, A. (1995). Students' ideas on conservation of matter: effects of expertise and context variables. *Science Education*, 79(1), 77-93.
- Gordon, A. (1982). The exploration route in an exhibition: A new follow-up technique employed in the Ruth Young Wing. *Israel Museum Journal*, 1, 79-90.
- Greeno, J. G. (1994). Gibson's *Affordances*. *Psychological Review*, 101(2), 336-342.
- Gregory, R. (1989). Turning minds on to science by hands-on exploration: The nature and potential of the hands-on medium. En M. Quin (Ed.), *Sharing science: Issues in the development of interactive science and technology centers*. London: Nuffield Foundation on behalf of the Committee on the Public Understanding of Science (COPUS).
- Griffin, J. M. (1998). *School Museum Integrated Learning Experiences in Science : A Learning Journey*. Tesis Doctoral no publicada, University of Technology, Sydney.
- Gross, J., y Teubal, E. (2001, 28th Aug.-1st Sept. 2001). *Microscope use in scientific problem solving by kindergarteners. Soil water seepage as an illustration*. Paper presented at the Proceedings of the 9th European Conference for Research and Learning (EARLI), Fribourg-Switzerland.
- Guesne, E. (1985). Light. En R. Driver, E. Guesne, et al. (Ed.), *Children's ideas in science*. Milton Keynes, U.K: Open University Press.
- Guisasola, J., Azcona R., Etxaniz M., Mujika E., y Morentin M. (2005). Diseño de estrategias centradas en el aprendizaje para las visitas escolares a los museos de ciencias, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2, (1), 19-32.
- Guisasola, J., y Intxausti, S. (2000). Museos de ciencias y educación científica: una perspectiva histórica. *Alambique*, 26, 7-14.
- Guisasola, J. y Morentin, M. (2005). Museos de ciencias y aprendizaje de las ciencias: una relación compleja. *Alambique*, 43, 58-66.
- Gutwill, J. P. (2006). Labels for open-ended exhibits: Using questions and suggestions to motivate physical activity. *Visitor Studies Today!*, 9(1), 1-9.
- Gutwill, J. P. (2008). Challenging a common assumption of hands-on exhibits: How counter-intuitive phenomena can undermine open-endedness. *Journal of Museum Education*, 33(2), 187-198.
- Gutwill, J. P., y Thogersen, E. (2005). Initial and Prolonged Engagement: Resolving the Tensions. *ASTC Dimensions*(November-December), 6-7.

- Halldén, O. (1999). Conceptual Change and Contextualisation. En W. Schnotz, M. Carretero y S. Vosniadou (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 53-65). Oxford: Elsevier.
- Halldén, O., Petersson, G., Scheja, M., Ehrlén, K., Haglund, L., Österlind, K., et al. (2002). Situating the question of conceptual change. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.), *New Perspectives on Conceptual Change* Amsterdam: Elsevier.
- Halldén, O., Scheja, M., y Haglund, L. (2008). The contextuality of knowledge. An intentional approach to meaning making and conceptual change. En S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of conceptual change* (pp. 509-532). New York y London: Routledge.
- Hammer, R., Hertz, T., Hochstein, S., y Weinshall, D. (2005). *Category Learning from Equivalence Constraints*. Paper presented at the XXVII Annual Conference of the Cognitive Science Society (CogSci2005).
- Harrison, A. G., y Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22, 1011-1026.
- Hatano, G., y Inagaki, K. (1991). Sharing cognition through collective comprehension activity. En L. B. Resnick, J. M. Levine y S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition* (pp. 331-348). Washington, DC: American Psychological Association.
- Heath, C., y Hindmarsh, J. (2000). Analysing work and interaction. En T. May (Ed.), *Qualitative Research*. London: Sage.
- Heath, C., vom Lehn, D., y Osborne, J. (2005). Interaction and interactives: collaboration and participation with computer-based exhibits. *Public Understanding of Science*, 14, 91-101.
- Hecht, H., Bertamini, M., y Gamer, M. (2005). Naive Optics: Acting on Mirror Reflections. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(5), 1023-1038.
- Hegarty, M. (2004). Mechanical reasoning by mental simulation. *Trends in cognitive sciences*, 8(6), 280-285.
- Hein, G. E., y Alexander, M. (1998). *Museums: Places of Learning*. Washington, D.C: American Association of Museums.
- Hein, G. E. (1998). *Learning in Museums*. New York: Routledge.
- Hein, H. (1990). *The Exploratorium: The museum as laboratory*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- Henning, M. (2007). Legibility and affect: museums as new media. En S. Macdonald y P. Basu (Eds.), *Exhibition Experiments*. Oxford: Blackwell.
- Hoffstein, A., y Rosenfeld, S. (1996). Bridging the Gap Between Formal and Informal Science Learning. *Studies in Science Education*, 28, 87-112.
- Hohenstein, J., y Tran, L. U. (2007). Use of questions in exhibit labels to generate explanatory conversation among science museum visitors. *International Journal of Science Education*, 29(12), 1557 - 1580.
- Hollan, J. D., Hutchins, E., y Kirsh, D. (2000). Distributed Cognition: a new foundation for human-computer interaction research. *ACM Transactions on Human-Computer Interaction: Special Issue on Human Computer Interaction in the new Milenium*, 7(2), 174-196.
- Humphrey, T., y Gutwill, J. P. (2005). *Fostering Active Prolonged Engagement: The Art of Creating APE Exhibits*. Walnut Creek: Left Coast Press.
- Hutchins, E. (1995). *Cognition in the Wild*. Cambridge, MA: MIT Press.

- Hutchins, E. (2001). Cognitive Artifacts. In K. F. Wilson RA (Ed.), *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences* (pp. 126-128). Cambridge, MA: MIT Press.
- ICOM (International Commission of Museums) (2001) Definición de un museo (http://icom.museum/ethics_2001_engl.html; Revisado 8 de Septiembre, 2009).
- Inagaki, K., y Hatano, G. (1996). Young children's recognition of commonalities between animals and plants. *Child Development*, 67, 2823-2840.
- Inagaki, K., y Hatano, G. (2008). Conceptual Change in Naive Biology En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* London: Routledge (Taylor y Francis).
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models: Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Justi, R., y Gilbert, J. (1999). A Cause of Ahistorical Science Teaching: Use of Hybrid Models. *Science Education*, 83, 163-177.
- Karmiloff-Smith, A. (1992). *Beyond modularity: a developmental perspective on cognitive science*. London: The MIT Press.
- Keehner, M., Hegarty, M., Cohen, C. A., Khooshabeh, P., y Montello, D. R. (2008). Spatial reasoning with external visualizations: What matters is what you see, not whether you interact. *Cognitive Science*, 32, 1099-1132.
- Keil, F. C. (1989). *Concepts, kinds, and cognitive development*. Cambridge: MIT Press.
- Kendon, A. (1997). Gesture (Vol. 26, pp. 109-128): *Annual Review of Anthropology*.
- Kirsh, D. (1991). When is information explicitly represented? . En P. P. Hanson (Ed.), *Information, Language, and Cognition*. New York, NY: Oxford University Press.
- Kirsh, D. (1996). Adapting the Environment Instead of Oneself. *Adaptive Behavior* 4(3-4), 415-452.
- Kirsh, D. (2006). Distributed Cognition, A Methodological Note. *Pragmatics y Cognition*, 14(2), 249-262.
- Kirsh, D., y Maglio, P. (1994). On Distinguishing Epistemic from Pragmatic Action. *Cognitive Science*, 18, 513-549.
- Kozma, R., y Russell, J. (2005). Modelling students becoming chemists: Developing representational competence. En J. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education*. London: Kluwer.
- Krauss, R. M., y Hadar, U. (1999). The role of speech-related arm/hand gestures in word retrieval. En L. Messing y R. Campbell (Eds.), *Gesture, Speech and Sign* (pp. 93-116). Oxford: Oxford University Press.
- Kuhn, D., Amsel, E., y O'Loughlin, M. (1988). *The development of scientific thinking skills*. San Diego: Academic Press, Inc.
- Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University of Chicago Press.
- Larkin, J., y Simon, H. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.
- Lave, J. (1988). *Cognition in Practice: Mind, mathematics, and culture in everyday life*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lave, J., y Wenger, E. (1991). *Situated Learning. Legitimate peripheral participation*. Cambridge: University of Cambridge Press.

- Lebart, L., Salem, A., y Bécue, M. (2000). *Análisis estadístico de textos*. Lleida: Milenio.
- Leher, R., y Schauble, L. (1998). Reasoning about structure and function: children's conceptions of gears. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(1), 3-25.
- Lehrer, R., Schauble, L., y Petrosino, A. J. (2001). Reconsidering the role of experiment in science education. En K. Crowley, C. D. Schunn y T. Okada (Eds.), *Designing for Science: Implications from everyday, classroom, and professional settings*. Mahwah, NJ: LEA.
- Leinhardt, G., y Crowley, K. (1998). *Museum learning as conversational elaboration: A proposal to capture, code and analyze museum talk*: Museum Learning Collaborative Technical Report MLC-01.
- Leinhardt, G., Crowley, K., y Knutson, K. (2002). *Learning conversations in museums*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Leinhardt, G., y Knutson, K. (2004). *Listening in on museum conversations*. Walnut Creek, CA: Alta Mira Press.
- Leinhardt, G., y Knutson, K. (2006). Grandparents speak: Museum conversations across the generations. *Curator*, 49(2), 235-252.
- Leinhardt, G., y Ravi, A. (2008). Changing historical conceptions of history. En S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 328-341). New York: Routledge (Taylor y Francis).
- Lemke, J. (1990). *Talking Science: Language, Learning, and Values*. Norwood, NJ: Ablex Publishing.
- León, O. G. y Montero, I. (2003). *Métodos de investigación en Psicología y Educación*. (3ª ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Lewenstein, B. V. (1992). The Meaning of 'Public Understanding of Science' in the United States After World War II. *Public Understanding of Science*, 1(1), 45-68.
- Limón, M., y Carretero, M. (1997). Problem solving and conceptual change in ill defined problems. *European Journal of Psychology of Education*, XII(2).
- Limón, M., y Carretero, M. (1999). Conflicting data and conceptual change in History experts. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.), *New Perspectives on Conceptual Change* (pp. 137-160). Amsterdam: Elsevier.
- Litman, J. A., Hutchins, T. L., y Russon, R. K. (2005). Epistemic curiosity, feeling-of-knowing, and exploratory behaviour. *Cognition and Emotion*, 19, 559-582.
- Loewenstein, G. (1994). The psychology of curiosity: A review and reinterpretation. *Psychological Bulletin*, 116(1), 75-98.
- Lorini, E., y Castelfranchi, C. (2004). *The role of epistemic actions in expectations*. Paper presented at the *ABIALLS 2004*, Los Angeles.
- Lucas, A. M., McManus, P. M., y Thomas, G. (1986). Investigating learning from informal sources: Listening to conversations and observing play in science museums. *European Journal of Science Education*, 8(4), 341-352.
- Lynch, M. (2006). Discipline and the Material Form of Images: An Analysis of Scientific Visibility. En L. Pauwels (Ed.), *Visual Cultures of Science Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*. Hanover and London: Dartmouth College Press
- MacDonald, S. (1998). Exhibitions of power and powers of exhibitions: an introduction to the politics of display. In S. MacDonald (Ed.), *The Politics of Display: Museums, Science, Culture* (pp. 1-24). London: Routledge.

- MacDonald, S. (2001). *Behind the scenes at the science museum*. Oxford, England: Berg.
- Martí, E. (2003). *Representar el mundo externamente. El desarrollo infantil de los sistemas externos de representación*. Madrid: Antonio Machado.
- Martí, E., y Pozo, J. I. (2000). Más allá de las representaciones mentales: la adquisición de los sistemas externos de representación. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 11-30.
- Martin, L. (2004). An emerging research framework for studying informal learning and schools. *Science Education*, 88, S71-S82.
- Martin, L., y Tonn, R. (2003). Balancing Act: Activity Theory Applications to Exhibit Design. *Journal of Museum Education*, 28(2), 14-19.
- Martin, T., y Schwartz, D. L. (2005). Physically Distributed Learning: Adapting and Reinterpreting Physical Environments in the Development of Fraction concepts. *Cognitive Science*, 29, 587-625.
- Maxwell, L. E., y Evans, G. W. (2002). Museums as learning settings: The importance of the physical environment. *Journal of Museum Education*, 27(1), 3-7.
- Mayer, R. E. (2003). The Promise of Multimedia Learning: Using the Same. Instruction Design Methods across Different Media. *Learning and Instruction* 13, 125-139.
- McLean, K. (1993). *Planning for people in museum exhibitions*. Washington, DC: Association of Science Technology Centers.
- McLean, K., y McEver, C. (Eds.). (2004). *Are We There Yet? Conversations about Best Practices in Science Exhibition Development*. San Francisco, CA: Exploratorium.
- McManus, P. (1989). Oh, yes, they do: how museum visitors read labels and interact with exhibit texts. *Curator*, 32(2), 174-189.
- McManus, P. M. (1988). Good companions: More on the social determination of learning-related behavior in a science museum. *Journal of Museum Management and Curatorship*, 7(1), 37-44.
- McManus, P. M. (1992). Topics in museums and science education. *Studies in Science Education*, 20, 157-182.
- Meisner, R., vom Lehn, D., Heath, C., Burch, A., Gammon, B., y Reisman, M. (2007). Participation at exhibits: Creating Engagement with New Technologies in Science Centres and Museums. *International Journal of Science Education*, 29(12), 1531-1555.
- Meisner, R. S. (2007). *Encounters with exhibits: a study of children's activity at interactive exhibits in three museums*. Tesis Doctoral no publicada, Department of Education and Professional studies, King's College, London.
- Melber, L. M. (2007). Maternal scaffolding in two museum exhibition halls. *Curator*, 50, 341-354.
- Metz, K. (1985). The Development of Children's Problem Solving in a Gears Task: A problem Space Perspective. *Cognitive Science*, 9, 431-471.
- Metz, K. E. (1991). Development of Explanation: Incremental and fundamental Change in Children's Physics Knowledge. *Journal of research in Science Teaching*, 28(9), 785-797.
- Millar, R., y Osborne, J. (Eds.). (1998). *Beyond 2000. Science Education for the future*. London: King's College. School of Education.

- Miyake, N. (2008). Conceptual Change through Collaboration En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*. London: Routledge (Taylor y Francis).
- Moussouri, T. (2003). Negotiated agendas: families in science and technology museums. *International Journal for Technology Management, special issue on science centres*, 25(5), 477-489.
- National Research Council. (2009). *Learning Science in Informal Environments: People, Places, and Pursuits*. Committee on Learning Science in Informal Environments. P. Bell, B. Lewenstein, A. W. Shouse, y M. A. Feder, (Eds.) Board on Science Education, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- Nersessian, N. J. (2008). Mental Modeling in Conceptual Change En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* London: Routledge (Taylor y Francis).
- Norman, D. A. (1983). Some observations on mental models. In D. Gentner y A. Stevens (Eds.), *Mental models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Norman, D. A. (1988). *The psychology of everyday things*. New York: Basic Books.
- Norman, D. A. (1993). *Things That Make Us Smart* New York: Addison-Wesley.
- Nunes, T. (1999). Systems of signs and conceptual change. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.), *New Perspectives on conceptual change*. Oxford: Elsevier.
- Nussbaum, J. (1985). The particulate nature of matter in the gaseous phase. In R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.), *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Nussbaum, J., y Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11(183-200).
- Ogawa, R. T., Loomis, M., y Crain, R. (2009). Institutional history of an interactive science center: The founding and development of the Exploratorium. *Science Education*, 93(2), 269-292.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I., y McGillicuddy, K. (1996). *Explaining science in the classroom*. Buckingham, England: Open University Press.
- Ohlsson, S. (1996). Learning to do and learning to understand: A lesson and a challenge for cognitive modeling. En P. Reimann y H. Spada (Eds.), *Learning in humans and machines* (pp. 37-62). Oxford: Elsevier.
- Olson, D. R. (1994). *The world on paper: The conceptual and cognitive implications of writing and reading*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Oppenheimer, F., (1968). Rationale for a science museum. , 11, 206. (1968). Rationale for a science museum. *Curator*, 11, 206-209.
- Osborne, J. F. (1998). Constructivism in museums: A Response. *Journal of Museum Education*, 23(1), 8-9.
- Osborne, J. F. (2002). Hacia una educación científica para una cultura científica. In M. Benlloch (Ed.), *La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica*. Barcelona: Paidós.
- Osborne, J. F., y Dillon, J. (2007). Research on Learning in Informal Contexts: Advancing the field? . *International Journal of Science Education*, 29(12), 1441 - 1445.

- Osborne, J. F., y Dillon, J. (2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. London: A Report to the Nuffield Foundation.
- Palmquist, S., y Crowley, K. (2007). From teachers to testers: How parents talk to novice and expert children in a natural history museum. *Science Education*, 91(5), 783-804.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.
- Paris, S. G., y Hapgood, S. E. (2002). Children learning with objects in informal learning environments. En S. G. Paris (Ed.), *Perspectives on Object-Centered Learning in Museums*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pauwels, L. (Ed.). (2006). *Visual Cultures of Science Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication*. Hanover and London Dartmouth College Press
- Pedretti, E. (2007). Challenging convention and communicating controversy: Learning through issues-based museum exhibitions. En J. H. Falk, L. Dierking y S. Foutz (Eds.), *In principle, In practice: Museums as learning institutions* (pp. 121-135). Lanham, MD: AltaMira Press.
- Peppier, D., y Ross, H. (1981). The effects of play on convergent and divergent problem solving. *Child Development*, 52, 1202-1210.
- Pérez Echeverría, M.P., Martí, E. Pozo, J.I., Los sistemas externos de representación como herramientas de la mente, enviado a revisión
- Pérez Echeverría, M. P., y Scheuer, N. (2009). External representations as learning tools: An introduction. En C. Andersen, N. Scheuer, M. P. Pérez Echeverría y E. Teubal (Eds.), *Representational systems and practices as learning tools*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Perry, D. (1993). Designing exhibits that motivate. In B. Serrell (Ed.), *What Research Says about Learning in Science Museums* (Vol. 2, pp. 25-29). Washington: Association of Science- Technology Centers.
- Perry, M., y Elder, A. D. (1997). Knowledge in transition: Adult's Developing Understanding of a Principle of Physical Causality. *Cognitive Development*, 12, 137-157.
- Pfundt, H., y Duit, R. (1991). *Bibliography of students' alternative frameworks in Science* (3rd.ed ed.). Kiel: Institute for Science Education, University of Kiel.
- Pinker, S. (1997). *How the Mind Works*. New York: W. W. Norton.
- Pintrich, P. (1999). Motivational beliefs as resources for and constraints on conceptual change. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.), *New Perspectives on conceptual change*. Oxford: Elsevier.
- Piscitelli, B., y Anderson, D. (2001). Young children's perspectives of museums settings and experiences. *Museum Management and Curatorship*, 19(3), 269-282.
- Posner, G., Strike, K. A., Hewson, P., y Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Postigo, Y., y Pozo, J. I. (1998). The learning of a geographical map by experts and novices. *Educational Psychology*, 18(1), 65-80.
- Postigo, Y., y Pozo, J. I. (2000). Cuando una gráfica vale más que 1000 datos: interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. *Infancia y Aprendizaje*, 90, 89-110.

- Postigo, Y., y Pozo, J. I. (2004). On the Road to Graphicacy: The learning of graphical representation systems. *Educational Psychology*, 24(5), 623-644.
- Pozo, J. I. (1987). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- Pozo, J. I. (1993). *Teorías cognitivas del aprendizaje* (2ª edición ed.). Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. (2001). *Humana mente: el mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. (2003). *Adquisición de Conocimiento*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I., y Flores, F. (2007) *Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia*. Madrid: Antonio Machado
- Pozo, J. I., y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Pozo, J. I., y Gómez Crespo, M. A. (2005). The Embodied Nature of Implicit Theories: The Consistency of Ideas about the Nature of Matter. *Cognition and Instruction*, 23(3), 351-387.
- Pozo, J. I., Gómez Crespo, M. A., y Sanz, A. (1999). When conceptual change does not mean replacement: different representations for different contexts. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.), *New Perspectives on conceptual change* (pp. 161-174). Oxford Elsevier.
- Pozo, J. I., y Rodrigo, M. J. (2001). Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual. *Infancia y Aprendizaje*, 24(4), 407-423.
- Presmeg, N. C. (2006). Research on visualization in learning and teaching mathematics. En A. Gutiérrez y P. Boero (Eds.), *Handbook of research on the psychology of mathematics education*.
- Rakoczy, H., Tomasello, M., y Striano, T. (2005). How children turn objects into symbols: A cultural learning account. En L. Namy (Ed.), *Symbol use and symbol representation* (pp. 67-97). New York: LEA.
- Rakoczy, H., Tomasello, M., y Striano, T. (2005b). On tools and toys: How children learn to act on and pretend with 'virgin' objects. *Developmental Science*, 8(1), 57-73.
- Ravelli, L. (2006). *Museum texts: communication frameworks*. London: Routledge.
- Rennie, L., y Johnston, D. J. (2004). The nature of learning and its implications for research on learning from museums. *Science Education*, 88, S4-S16.
- Rennie, L. J., Feher, E., Dierking, L. D., y Falk, J. H. (2003). Toward an agenda for advancing research on science learning in out-of-school settings. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 112-120.
- Rennie, L. J., y McClafferty, T. P. (1996). Science Centres and Science Learning. *Studies in Science Education*, 27, 53-98.
- Rennie, L. J., y Stocklmayer, S. (2003). The communication of science and technology: Past, present and future agendas. *International Journal of Science Education*, 25(6), 759 - 773.
- Resnik, L. B. (1991). Shared cognition: Thinking as a social practice En L.B. Resnik, J. M. Levine y S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on Socially Shared Cognition*. Washington, DC APA.
- Rodríguez, C., y Moro, C. (1998). El uso convencional también hace permanentes a los objetos. *Infancia y Aprendizaje*, 84, 67-83.
- Rodríguez-Moneo, M. (1999). *Conocimiento previo y cambio conceptual*. Buenos Aires-Madrid: AIQUE.

- Rodríguez Moneo, M. (2007). El proceso de cambio conceptual. Componentes cognitivos y motivacionales. En J.I. Pozo y F. Flores (Eds.), *Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia*. Madrid: Antonio Machado.
- Rogoff, B. (2003). *The Cultural nature of human development*. New York: Oxford University Press.
- Roschelle, J. (1995). Learning in interactive environments: Prior knowledge and new experience. En J. H. Falk y L. D. Dierking (Eds.), *Public institutions for personal learning: Establishing a research agenda* (pp. 37-51). Washington, DC: American Association of Museums.
- Rosenfeld, S. B. (1980). *Informal learning in Zoos: Naturalistic Studies of Family Groups*. Tesis doctoral no publicada, University of California, Berkeley.
- Rowe, S. (2002). The role of objects in active, distributed meaning-making. En S. G. Paris (Ed.), *Perspectives on Object-Centered Learning in Museums*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rowe, S. R. (2003). Visitors and voices: A dialogic approach to learning in science museums. *Journal of Museum Education*, 28(2), 3-7.
- Russell, J., y Kozma, R. (2005). Assessing learning from the use of multimedia chemical visualization software. En J. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education*. London: Kluwer.
- Sabbatini, M. (2004). *Museos y centros de ciencia virtuales - Complementación y potenciación del aprendizaje de ciencias a través de experimentos virtuales*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Salamanca.
- Salinger, J. D., (1971), *El cazador oculto*, Buenos Aires: Compañía Fabril Editora.
- Säljö, R. (1999). Concepts, cognition and discourses: From mental structures to discursive tools. En W. Schnotz, S. Vosniadou y M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 81-90). Amsterdam: Pergamon.
- Salomon, G. (Ed.). (1993). *Distributed Cognitions. Psychological and educational considerations*. Cambridge: Cambridge University Press
- Santacana, M. J., y Serrat Antolí, N. (Eds.). (2005). *Museografía Didáctica*. Barcelona: Ariel.
- Scaife, M., y Rogers, Y. (1996). External cognition: How do graphical representations work? . *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 185-213.
- Schauble, L., Gleason, M., Leher, R., Bartlett, K., Petrosino, A., Allen, A., Clinton, K., Ho, E., Jones, M., Lee, Y., Phillips, J.A, Siegler, J., Street, J. (2002). Supporting Science learning in Museums. En G. G. Leinhardt, K. Crowley, K. Knutson (Ed.), *Learning conversations in museums*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associate.
- Schauble, L., y Bartlett, K. (1997). Constructing a science gallery for children and families. The role of research in an innovative design process. *Science Education*, 81(6), 781.
- Schauble, L., Leinhardt, G., y Martin, L. (1997). A framework for organizing a cumulative research agenda in informal learning contexts. *Journal of Museum Education*, 22(2-3), 3-8.
- Schnotz, W., y Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, 141-156.
- Schnotz, W., y Lowe, R. K. (2003). External and internal representations in multimedia learning. *Learning and Instruction*, 13, 117-123.

- Schwanenflugel, P. J., Fabricius, W. V., y Alexander, J. M. (1994). Developing theories of the mind: Understanding categories and relations between mental activities. *Child Development*, 65, 1546-1563.
- Schwartz, D. L., y Black, J. B. (1996). Analog imagery in mental reasoning: Depictive models. *Cognitive Psychology*, 30, 154-219.
- Schwartz, D. L., y Martin, T. (2006). Distributed learning and mutual adaptation. *Pragmatics y Cognition*, 14(2), 313-332.
- Screven, C. G. (1990). Uses of Evaluation Before, During, and After Exhibit Design. *ILVS Review: A Journal of Visitor Behavior*, 1(2), 33-66.
- Screven, C. G. (Ed.). (1993). *The Visitor Studies Bibliography and Abstracts* (Vol. Volume 3). Shorewood, WI: Exhibits Communication Research, Inc.
- Semper, R. J. (1990). Science museums as environments for learning. *Physics Today*, 43(11), 50-56.
- Semper, R.J. (2007). Science centers at 40: Middle-aged maturity or mid-life crisis. *Curator*, 50(1), 147 - 150.
- Séré, M. G. (1982). A study of some frameworks used by pupils aged 11 to 13 years in the interpretation of air pressure. *International Journal of Science Education*, 4(3), 299-309
- Séré, M. G. (1985). The Gaseous State. In R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 105-123). Milton Keynes, U.K: Open University Press.
- Séré, M. G. (1986). Children's conceptions of the gaseous state, prior to teaching. *European Journal of Science Education*, 8, 413-425.
- Serrell, B. (1996). *Exhibit Labels -An Interpretive Approach*. Walnut Creek: Altamira Press.
- Serrell, B. (1998). *Paying attention: Visitors and museum exhibitions*. Washington, DC: American Association of Museums.
- Serrell, B. (2006). *Judging Exhibitions: A Framework for Assessing Excellence*. Walnut Creek, CA: Left Coast Press.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13, 227-237.
- Shine, S. A. T. Y. (2000). Parent-child social play in a children's museum. *Family Relations*, 49(1), 45-52.
- Shirouzu, H., Miyake, N., y Masukawa, H. (2002). Cognitively active externalization for situated reflection. *Cognitive Science*, 26(4), 469-501.
- Siegel, D. R., Esterly, J., Callanan, M. A., Wright, R., y Navarro, R. (2007). Conversations about science across activities in Mexican-descent families. *International Journal of Science Education*, 29(12), 1447 - 1466.
- Simon, H. A., y Hayes, J. R. (1976). The understanding process: Problem isomorphs. *Cognitive Psychology*, 8, 165-190.
- Simon, H. A., y Hayes, J. R. (1979). Understanding written problem instruction. En H. A. Simon (Ed.), *Models of thought*. (pp. 451-477). New Haven. CT: Yale University Press.
- Sinatra, G. M., y Mason, L. (2008). Beyond Knowledge: Learner Characteristics Influencing Conceptual Change En S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* London: Routledge (Taylor y Francis).

- Smith, J. P., diSessa, A., y Roschelle, J. (1993). Misconceptions Reconceived: A Constructivist Analysis of Knowledge in Transition. *Journal of the Learning Sciences* 3(2), 115-163.
- Spada, H. (1994). Conceptual change or multiple representations? *Learning and Instruction*, 4, 113-116.
- Stavy, R. (1991). Using Analogy to Overcome Misconceptions About Conservation of Matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 305-313
- Stavy, R. (1998). Children's conception of gas. *International Journal of Science Education*, 10(5), 553-560.
- Stavy, R., y Tirosh, D. (1996). Intuitive rules in science and mathematics: the case of more of A-more of B. *International Journal of Science Education*, 18(6), 653-667.
- Stavy, R., Tsamir, P., y Tirosh, D. (2002). Intuitive Rules: The Case of "More A-more B". En M. Limón y L. Mason (Eds.), *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*: Kluwer Academic Publishers.
- Stenning, K., y Oberlander, J. (1995). A Cognitive Theory of Graphical and Linguistic Reasoning: Logic and Implementation. *Cognitive Science*, 19(1), 97-140.
- Stevens, R., y Hall, R. (1997). Seeing Tornado: How Video Traces Mediate Visitor Understandings of (Natural?) Phenomena in a Science Museum. *Science Education*, 81(6), 735-747.
- Stockmayer, S. M. G., J.K. (2001). Evaluating the Design of Interactive Exhibits. En S. Errington, Stockmayer, S. and Honeyman, B (Ed.), *Using Museums to Popularise Science and Technology*. London: Commonwealth Secretariat.
- Strike, K. A., y Posner, G. (1982). Conceptual change and science teaching. *European Journal of Science Education*, 4, 231-240.
- Strike, K. A., y Posner, G. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En R. A. Duschl y R. J. Hamilton (Eds.), *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, NY: SUNY Press.
- Suwa, M., y Tversky, B. (2002). External representations contribute to the dynamic construction of ideas. En M. Hegarty, B. Meyer y N. H. Narayanan (Eds.), *Diagrammatic Representation and Inference* (Vol. Lecture Notes in Computer Sciences series, pp. 341-343): Springer.
- Taylor, S. (1991). *Try it! Improving Exhibits Through Formative Evaluation*. Washington, DC: Association of Science-Technology Centers.
- Teubal, E., Dockrell., J., y Tolchinsky, L. (Eds.). (2006). *Notational Knowledge: Developmental and Historical Perspectives*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Tisdal, C. E. (2004). *Going APE (Active Prolonged Exploration) at the Exploratorium: Phase 2 Summative Evaluation*. San Francisco.
- Tolchinsky, L. (2003). *The Cradle of Culture and What Children Know about Writing and Numbers before Being Taught* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum
- Tomasello, M., Carpenter, M., Call, J., Behne, T., y Moll, H. (2005). Understanding and sharing intentions: The origins of cultural cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 28, 675 - 691.
- Tomasello, M., Striano, T., y Rochat, P. (1999). Do young children use objects as symbols? *British Journal of Developmental Psychology*, 17(4), 563-584.

- Triona, L. M., y Klahr, D. (2003). Point and click or grab and heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction*, 21, 149-173.
- Troseth, G. L., Bloom, M., y DeLoache, J. S. (2007). Young children's use of scale models: Testing alternatives to representational insight. *Developmental Science*, 10, 763-769.
- Troseth, G. L., y DeLoache, J. S. (1998). The medium can obscure the message: Young children's understanding of video. *Child Development*, 69, 950-965.
- Tversky, B. (2008). Prolegomenon to scientific visualization. En J. K. Gilbert (Ed.), *Visualizations in science education*. The Netherlands: Springer.
- Tversky, B., Bauer-Morrison, J., y Bétrancourt, M. (2002). Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57, 247-262.
- Tytler, R. (1998). The Nature of Student's Informal Science Conceptions. *International Journal of Science Education*, 20, 901-927.
- Uttal, D. H., y O'Doherty, K. (2008). Comprehending and learning from visual representations. A developmental approach. En J. Gilbert, M. Reiner y M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education*. New York: Springer.
- Uttal, D. H., Scudder, K. V., y DeLoache, J. S. (1997). Manipulatives as symbols: A new perspective on the use of concrete objects to teach mathematics. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 18, 37-54.
- Verón, E., y Levasseur, M. (1991). *Ethnographie de l'exposition*. Paris: Centre Georges Pompidou, Bibliothèque publique d'information.
- Viennot, L. (2002). *Razonar en física. La contribución del sentido común*. Madrid: A. Machado libros, SA.
- vom Lehn, D., y Heath, C. (2007). Social interaction in museums and galleries: a note on video based field studies. En R. Goldman, R. Pea, B. Barron y S. Derry (Eds.), *Video Research in the Learning Sciences* (pp. 287-301). London: LEA.
- vom Lehn, D., Heath, C., y Hindmarsh, J. (2001). Exhibiting Interaction: Conduct and Collaboration in Museums and Galleries. *Symbolic Interaction*, 24(2), 189-216.
- vom Lehn, D., Heath, C., y Hindmarsh, J. (2002). Video based field studies in museums and galleries. *Visitor Studies Today! , Fall/Winter 2002*, 15-23.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change. 4(Special Issue on Conceptual Change), 45-69.
- Vosniadou, S. (2007). The cognitive-situative divide and the problem of conceptual change. *Educational Psychologist*, 42(1), 55-66.
- Vosniadou, S. (Ed.). (2008). *International Handbook of Research on Conceptual Change*. London: Routledge (Taylor y Francis)
- Vosniadou, S., y Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57(1), 51-67.
- Vosniadou, S., y Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S., y Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123-183.
- Vosniadou, S., y Ioannides, C. (1998). From Conceptual Development to Science Education: A Psychological Point of View. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213-1230.

- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., y Papademetriou, E. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction, 11*, 381-419.
- Vosniadou, S., Skopeliti, I., y Ikospentaki, K. (2005). Reconsidering the Role of Artifacts in Reasoning: Children's Understanding of the Globe as a Model of the Earth. *Learning and Instruction, 15*, 333-351.
- Vosniadou, S., Vamvakoussi, X., y Skopeliti, I. (2008). The Framework Theory Approach to the Problem of Conceptual Change In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* London: Routledge (Taylor y Francis).
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society*. Cambridge: Harvard University Press.
- Vygotsky, L. S. (1986). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Wagensberg, J. (1998). A favor del conocimiento científico (los nuevos museos). *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales, 18*, 85-99.
- Wagensberg, J. (2000). Principios fundamentales de la museología científica moderna. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales, 26*, 15-19.
- Wellman, H. M., y Gelman, S. A. (1997). Knowledge acquisition in foundational domains. En D. Kuhn y R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of Child Psychology* (Vol. 2, pp. 523-573). New York: Wiley.
- Wells, G. (2004). El papel de la actividad en el desarrollo y la educación *Infancia y Aprendizaje, 27*(2), 165-183.
- Wertch, J. (1998). *Mind as action*. New York: Oxford University Press.
- Witcomb, A. (2006). Interactivity: Thinking Beyond. En S. Macdonald (Ed.), *A Companion to Museum Studies* (pp. 353-361). London: Blackwell Publishing Ltd.
- Zhang, J. (1997). The nature of external representations in problem solving. *Cognitive Science, 21*, 179-217.
- Zhang, J., y Butler, K. (2007). *UFuRT: A work-centered framework and process for design and evaluation of information systems*. Paper presented at the Proceedings of HCI International 2007.
- Zhang, J., Johnson, K. A., Malin, J., y Smith, J. W. (2002). *Human-centered information visualization*. Paper presented at the International Workshop on Dynamic Visualization and Learning.
- Zhang, J., y Norman, D. A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive Science, 18*, 87-122.
- Zhang, J., y Patel, V. L. (2006). Distributed cognition, representation, and affordance. *Cognition and Pragmatics, 14*(2), 333-341.

ANEXOS

ANEXO I FICHA DE CONSENTIMIENTO

Mi nombre es Diana Alderoqui Pinus y trabajo en el Museo de Ciencias como Coordinadora de Actividades para Preescolares.

Con el objeto de identificar los módulos que se adaptan a las necesidades de las familias estamos organizando un estudio sobre las actividades de los padres y los hijos en los módulos interactivos. Para ello, filmamos y grabamos las conversaciones en la *Salita de Espejos* en la zona de los niños. No es necesario realizar ningún cambio en vuestra actividad.

Este formulario nos permite recibir vuestro consentimiento para participar en el estudio.

Si lo deseáis, es posible anular vuestra participación en cualquier momento.

Podéis recibir más información llamando a Diana Alderoqui Pinus TEL: 02-6544886

Al completar vuestra visita a la "Zona de los Niños", invitamos a uno de los padres unos minutos más para completar un cuestionario con cinco preguntas cortas.

Muchas gracias por vuestra colaboración,

- Acepto participar.
- No acepto participar

Fecha

Hora

Nombre

Dirección

Miembros de la familia que os acompañan en la visita

Padre Madre niños _____ niñas _____ (indicar las edades).

Primera / Segunda/ Tercera / Cuarta o más visitas al museo.

Tiene abono familiar escolar adultos no tiene

Escolaridad:

Madre menos de 7 años 8-12 años 13-15 años más de 16 años

Padre menos de 7 años 8-12 años 13-15 años más de 16 años

Entrevista posterior- módulo *Salita de espejos*

¿Qué elementos del módulo llamaron en particular vuestra atención?

¿Qué elementos del módulo llamaron la atención de vuestros hijos?

¿Cuál es el mensaje central del módulo?

¿Cómo definiríais el rol del adulto durante una visita con niños a un museo de ciencias?

¿Cuál fue vuestro rol en la *Salita de Espejos*?

Entrevista posterior – módulo *Mesa de las ruedas dentadas*

¿Qué elementos del módulo llamaron en particular vuestra atención?

¿Qué elementos del módulo llamaron la atención de vuestros hijos?

¿Cuál es el mensaje central del módulo?

¿Habéis encontrado una situación como la que muestra la foto?

Situación experimental



Situación control



¿Cómo definiríais el rol del adulto durante una visita con niños a un museo de ciencias?

¿Cuál fue vuestro rol en la *Mesa de las ruedas dentadas*?

ANEXO II
PALABRAS CONTRIBUTIVAS
SITUACIÓN EXPERIMENTAL LÍNEAS FILTRO 13

INDIVIDUOS	P.REL	DISTO	COORDENADAS					CONTRIBUCIONES	
ah	1.08	0.12	0.23	-0.07	-0.26	0.00	0.00	0.4	0.1
<u>ahora</u>	1.44	0.43	-0.16	-0.61	0.20	0.00	0.00	0.3	10.1
<u>algo</u>	0.60	0.34	-0.35	-0.40	0.24	0.00	0.00	0.6	1.8
allí	0.60	0.07	-0.01	-0.09	-0.25	0.00	0.00	0.0	0.1
<u>aquí</u>	3.56	0.13	0.26	0.25	-0.06	0.00	0.00	1.9	4.1
<u>así</u>	2.64	0.13	0.31	-0.05	-0.17	0.00	0.00	2.0	0.1
<u>bien</u>	0.52	0.78	-0.49	-0.72	0.11	0.00	0.00	1.0	5.2
<u>con</u>	1.80	0.10	-0.16	0.24	0.13	0.00	0.00	0.4	2.1
debe	0.56	0.41	0.02	0.30	0.56	0.00	0.00	0.0	1.0
dentadas	1.56	0.06	-0.14	0.08	-0.19	0.00	0.00	0.2	0.2
dirección	0.52	0.22	-0.43	0.00	-0.17	0.00	0.00	0.8	0.0
<u>dos</u>	0.68	0.31	-0.10	-0.49	-0.23	0.00	0.00	0.1	3.2
<u>en</u>	1.56	0.22	-0.44	-0.06	-0.17	0.00	0.00	2.4	0.1
<u>entonces</u>	0.52	0.67	0.78	0.04	-0.23	0.00	0.00	2.5	0.0
es	4.08	0.05	0.23	-0.01	-0.05	0.00	0.00	1.7	0.0
<u>esta</u>	1.00	0.44	0.48	-0.17	-0.42	0.00	0.00	1.8	0.6
<u>esto</u>	1.84	0.19	0.41	0.03	0.16	0.00	0.00	2.4	0.0
<u>gira</u>	1.56	0.20	-0.43	0.12	-0.06	0.00	0.00	2.3	0.4
<u>girar</u>	2.84	0.10	-0.26	0.19	0.02	0.00	0.00	1.5	1.9
grande	1.44	0.04	-0.18	-0.04	-0.06	0.00	0.00	0.4	0.1
<u>hace</u>	1.92	0.16	-0.17	0.35	0.05	0.00	0.00	0.5	4.6
<u>hacer</u>	1.36	0.20	0.38	0.13	0.21	0.00	0.00	1.5	0.4
hacerlo	0.64	0.09	-0.19	0.21	0.12	0.00	0.00	0.2	0.5
<u>hacia</u>	0.88	0.38	-0.61	0.11	-0.03	0.00	0.00	2.6	0.2
hay	0.84	0.10	0.05	0.26	-0.16	0.00	0.00	0.0	1.1
<u>hayque</u>	1.32	0.35	0.38	-0.12	0.44	0.00	0.00	1.5	0.3
<u>los</u>	1.00	0.34	-0.41	0.42	-0.01	0.00	0.00	1.3	3.4
<u>mamá</u>	0.72	2.72	1.62	-0.10	0.32	0.00	0.00	14.9	0.1
<u>manera</u>	0.56	0.42	-0.48	-0.42	0.11	0.00	0.00	1.0	1.9
<u>mira</u>	1.80	0.13	-0.25	0.25	0.04	0.00	0.00	0.9	2.2
<u>momento</u>	2.64	0.28	-0.23	-0.47	-0.07	0.00	0.00	1.1	11.2
mover	0.52	0.45	0.03	-0.31	0.60	0.00	0.00	0.0	0.9
movimiento	0.60	0.35	-0.48	-0.31	-0.15	0.00	0.00	1.1	1.1
mueve	0.80	0.19	-0.30	-0.30	0.08	0.00	0.00	0.6	1.4
<u>más</u>	1.44	0.47	-0.19	0.58	-0.31	0.00	0.00	0.4	9.3
<u>no</u>	4.92	0.10	0.28	0.08	0.11	0.00	0.00	3.1	0.6
otra	1.04	0.22	-0.24	0.27	-0.30	0.00	0.00	0.5	1.4
<u>papá</u>	0.88	2.28	1.45	-0.08	-0.42	0.00	0.00	14.6	0.1
para	0.80	0.06	0.06	-0.14	-0.18	0.00	0.00	0.0	0.3
pequeña	1.24	0.17	-0.34	-0.20	0.11	0.00	0.00	1.1	0.9
pero	1.04	0.09	0.16	-0.16	-0.20	0.00	0.00	0.2	0.5
por	0.84	0.03	0.14	0.09	-0.07	0.00	0.00	0.1	0.1

porque	0.64	0.10	0.24	-0.03	-0.22	0.00	0.00	0.3	0.0
posible	1.12	0.11	0.09	-0.32	-0.06	0.00	0.00	0.1	2.1
puede	0.60	0.15	-0.18	-0.32	-0.14	0.00	0.00	0.1	1.2
que	2.84	0.04	-0.11	0.03	0.17	0.00	0.00	0.3	0.1
qué	3.16	0.45	0.67	0.04	-0.02	0.00	0.00	11.3	0.1
rueda	2.44	0.09	-0.21	-0.12	-0.16	0.00	0.00	0.8	0.7
ruedas	2.32	0.02	-0.02	0.08	-0.09	0.00	0.00	0.0	0.3
rápido	0.52	0.33	-0.41	0.36	-0.16	0.00	0.00	0.7	1.3
se	3.32	0.01	0.00	-0.08	0.03	0.00	0.00	0.0	0.4
si	1.44	0.24	-0.07	0.01	0.48	0.00	0.00	0.1	0.0
son	0.64	0.17	-0.18	0.35	0.12	0.00	0.00	0.2	1.5
sí	0.80	0.12	0.27	-0.04	0.22	0.00	0.00	0.5	0.0
también	0.76	0.13	-0.24	0.24	-0.10	0.00	0.00	0.3	0.8
te	0.52	0.35	-0.13	-0.56	0.14	0.00	0.00	0.1	3.1
todas	0.56	0.07	0.04	-0.02	-0.26	0.00	0.00	0.0	0.0
todo	0.56	0.51	-0.63	-0.33	-0.04	0.00	0.00	1.8	1.1
tú	1.32	0.19	-0.26	0.35	0.06	0.00	0.00	0.7	3.0
un	1.76	0.06	-0.09	0.15	-0.17	0.00	0.00	0.1	0.7
una	3.60	0.08	-0.20	-0.18	-0.07	0.00	0.00	1.1	2.2
vamos	1.72	0.06	-0.09	-0.15	-0.18	0.00	0.00	0.1	0.7
ven	0.72	0.21	0.26	-0.22	-0.30	0.00	0.00	0.4	0.7
ver	0.76	0.23	-0.26	-0.25	-0.31	0.00	0.00	0.4	0.9
ves	0.84	0.16	-0.31	-0.01	0.26	0.00	0.00	0.6	0.0
vuelta	0.80	0.30	-0.52	-0.18	0.07	0.00	0.00	1.7	0.5
xxx	0.76	0.23	-0.40	-0.19	0.18	0.00	0.00	1.0	0.5
yo	1.48	0.60	0.70	-0.22	0.26	0.00	0.00	5.7	1.3
ésta	2.88	0.13	-0.24	0.18	0.21	0.00	0.00	1.3	1.8
éste	2.96	0.06	-0.13	0.14	0.16	0.00	0.00	0.4	1.1

ANEXO III
PALABRAS CONTRIBUTIVAS SITUACIÓN EXPERIMENTAL CON
CONOCIMIENTO FILTRO 12

INDIVIDUOS	P.REL	DISTO	COORDENADAS					CONTRIBUCIONES	
a	2.56	0.04	-0.17	-0.06	0.08	0.00	0.00	0.6	0.2
ah	0.90	0.33	0.34	-0.10	0.45	0.00	0.00	0.9	0.2
<u>ahora</u>	1.20	0.10	-0.19	-0.25	0.00	0.00	0.00	0.4	1.5
al	0.47	0.13	-0.32	-0.12	0.11	0.00	0.00	0.4	0.1
algo	0.50	0.11	-0.25	0.20	-0.09	0.00	0.00	0.3	0.4
alli	0.53	0.11	-0.16	-0.26	-0.14	0.00	0.00	0.1	0.7
<u>aqui</u>	2.93	0.09	0.28	-0.05	-0.10	0.00	0.00	2.1	0.1
<u>asi</u>	2.13	0.09	0.28	-0.08	-0.08	0.00	0.00	1.5	0.3
bien	0.43	0.23	-0.47	0.00	-0.07	0.00	0.00	0.9	0.0
como	0.63	0.02	0.14	-0.04	0.03	0.00	0.00	0.1	0.0
con	1.47	0.05	-0.14	0.17	-0.07	0.00	0.00	0.2	0.9
de	1.87	0.02	-0.10	0.12	0.03	0.00	0.00	0.2	0.5
<u>debe</u>	0.47	0.77	0.37	0.79	-0.13	0.00	0.00	0.6	6.0
dentadas	1.23	0.05	-0.19	0.02	-0.11	0.00	0.00	0.4	0.0
direccion	0.43	0.18	-0.40	0.15	-0.02	0.00	0.00	0.6	0.2
dos	0.60	0.19	-0.25	-0.32	-0.14	0.00	0.00	0.3	1.3
el	1.57	0.12	-0.30	0.04	-0.17	0.00	0.00	1.2	0.0
<u>en</u>	1.30	0.18	-0.40	0.15	-0.02	0.00	0.00	1.8	0.6
<u>es</u>	3.40	0.13	0.25	-0.19	0.17	0.00	0.00	1.9	2.4
<u>esta</u>	2.73	0.05	0.08	0.18	-0.08	0.00	0.00	0.2	1.8
<u>esto</u>	1.53	0.26	0.33	-0.36	0.15	0.00	0.00	1.5	4.1
<u>gira</u>	1.30	0.19	-0.32	0.27	0.13	0.00	0.00	1.1	2.0
<u>girar</u>	2.30	0.09	-0.22	0.18	0.10	0.00	0.00	1.0	1.6
<u>grande</u>	1.20	0.10	-0.10	0.25	-0.17	0.00	0.00	0.1	1.5
<u>hace</u>	1.60	0.17	-0.30	-0.19	-0.21	0.00	0.00	1.3	1.2
<u>hacer</u>	1.10	0.42	0.55	0.34	-0.08	0.00	0.00	2.9	2.7
<u>hacerlo</u>	0.50	0.36	-0.06	0.60	0.04	0.00	0.00	0.0	3.7
<u>hacia</u>	0.73	0.68	-0.77	-0.27	-0.04	0.00	0.00	3.9	1.1
<u>hay</u>	0.70	0.20	0.14	0.31	-0.29	0.00	0.00	0.1	1.4
<u>hayque</u>	1.10	0.27	0.51	0.07	-0.07	0.00	0.00	2.5	0.1
las	0.93	0.09	-0.04	-0.12	-0.27	0.00	0.00	0.0	0.3
lo	2.50	0.04	0.14	-0.15	0.03	0.00	0.00	0.4	1.1
los	0.83	0.18	-0.41	0.11	-0.04	0.00	0.00	1.2	0.2
<u>mamá</u>	0.53	2.92	1.52	-0.57	-0.53	0.00	0.00	10.8	3.6
manera	0.47	0.19	-0.37	0.23	0.01	0.00	0.00	0.6	0.5
más	1.23	0.07	-0.15	0.22	-0.01	0.00	0.00	0.3	1.2
mira	1.47	0.09	-0.20	0.20	0.11	0.00	0.00	0.5	1.2
momento	2.20	0.04	-0.18	-0.03	0.10	0.00	0.00	0.6	0.0
mover	0.43	0.88	0.19	-0.31	0.87	0.00	0.00	0.1	0.9
<u>movimiento</u>	0.50	1.47	-0.88	-0.78	-0.31	0.00	0.00	3.4	6.3
<u>mueve</u>	0.67	0.12	-0.12	0.30	0.14	0.00	0.00	0.1	1.3
<u>muy</u>	0.40	0.69	-0.67	-0.43	-0.22	0.00	0.00	1.6	1.6
<u>no</u>	4.06	0.24	0.44	0.18	0.10	0.00	0.00	6.9	2.9

otra	0.83	0.05	-0.20	0.10	0.02	0.00	0.00	0.3	0.2
papá	0.87	2.07	1.27	-0.54	-0.43	0.00	0.00	12.2	5.2
para	0.67	0.08	-0.02	-0.28	-0.05	0.00	0.00	0.0	1.1
pequeña	1.10	0.17	-0.17	0.36	0.12	0.00	0.00	0.3	3.0
pero	0.87	0.38	0.31	0.39	-0.35	0.00	0.00	0.7	2.8
por	0.67	0.26	0.06	-0.33	0.39	0.00	0.00	0.0	1.5
porque	0.53	0.09	0.30	-0.02	0.03	0.00	0.00	0.4	0.0
posible	0.93	0.09	0.22	0.03	0.21	0.00	0.00	0.4	0.0
puede	0.50	0.37	-0.31	-0.49	0.19	0.00	0.00	0.4	2.5
que	4.96	0.13	0.37	-0.01	0.01	0.00	0.00	5.8	0.0
rápido	0.43	0.42	-0.17	0.62	0.13	0.00	0.00	0.1	3.4
rueda	2.03	0.11	-0.30	-0.11	-0.09	0.00	0.00	1.6	0.5
ruedas	1.83	0.02	-0.07	0.04	-0.14	0.00	0.00	0.1	0.1
se	2.93	0.03	0.17	0.04	-0.01	0.00	0.00	0.7	0.1
si	1.80	0.13	0.19	0.23	0.20	0.00	0.00	0.6	2.0
son	0.53	0.12	-0.11	-0.01	0.32	0.00	0.00	0.1	0.0
tambien	0.63	0.08	-0.27	-0.06	0.02	0.00	0.00	0.4	0.0
te	0.43	0.03	0.01	0.13	0.09	0.00	0.00	0.0	0.2
todas	0.47	0.16	0.09	0.21	-0.32	0.00	0.00	0.0	0.4
todo	0.47	0.49	-0.69	-0.10	0.01	0.00	0.00	2.0	0.1
tú	1.10	0.13	-0.16	0.31	-0.09	0.00	0.00	0.2	2.1
un	1.47	0.01	-0.06	0.07	-0.07	0.00	0.00	0.0	0.2
una	3.00	0.09	-0.26	-0.09	-0.10	0.00	0.00	1.8	0.5
vamos	1.43	0.05	-0.09	0.03	-0.19	0.00	0.00	0.1	0.0
ven	0.57	0.29	0.17	-0.30	-0.41	0.00	0.00	0.1	1.1
ver	0.63	0.31	-0.24	-0.21	0.45	0.00	0.00	0.3	0.6
ves	0.73	0.29	-0.31	-0.21	0.39	0.00	0.00	0.6	0.6
vuelta	0.67	1.31	-0.85	-0.76	-0.05	0.00	0.00	4.3	8.0
xxx	0.63	0.14	-0.32	0.19	-0.05	0.00	0.00	0.6	0.5
y	2.50	0.10	-0.30	-0.07	-0.10	0.00	0.00	1.9	0.2
yo	1.23	0.77	0.78	-0.31	0.26	0.00	0.00	6.6	2.4

ANEXO IV
CORRELACIÓN PEARSON PARA LAS CATEGORÍAS DE
CONTENIDOS EN EL MÓDULO DEL AIRE EN MOVIMIENTO

		Vacuum	objects	air	paradox	pressure	difference
Vacuum	Pearson Correlation	1	^a	^a	^a	^a	^a
	Sig. (2-tailed)	
	N	3	2	1	2	0	1
objects	Pearson Correlation	^a	1	^a	-.289	^a	^a
	Sig. (2-tailed)	.		.000	.389	.000	.000
	N	2	13	6	11	3	6
air	Pearson Correlation	^a	^a	1	.069	.471	.245
	Sig. (2-tailed)	.	.000		.816	.286	.640
	N	1	6	17	14	7	6
paradox	Pearson Correlation	^a	-.289	.069	1	-.303	.803**
	Sig. (2-tailed)	.	.389	.816		.466	.003
	N	2	11	14	21	8	11
pressure	Pearson Correlation	^a	^a	.471	-.303	1	-.134
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.286	.466		.752
	N	0	3	7	8	11	8
difference	Pearson Correlation	^a	^a	.245	.803**	-.134	1
	Sig. (2-tailed)	.	.000	.640	.003	.752	
	N	1	6	6	11	8	15

a. Cannot be computed because at least one of the variables is constant.

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ANEXO V RESUMEN DE LOS PRINCIPALES RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS

	ESPEJOS		RUEDAS DENTADAS				AIRE EN MOVIMIENTO	
	Espejos	Espejos 2	R	RD 2	RD 3	RD 4	Aire 1	Aire 2
Tiempo de interacción	Mayor tiempo en Sit. Exp.		Sin diferencias significativas				Sin diferencias significativas	
Análisis estadísticos textuales: palabras contributivas y respuesta modales	palabras contributivas Adultos espejos 1 cuántos, no, como, que Niños espejos 1 uno, dos, tres cuatro, cinco, seis, mira aquí Niños espejos 2 éste, las, espejos, todo, un, a.		palabras contributivas Adultos líneas1 en, vuelta, una, dos, manera, todo, ahora, momento, algo, bien. Adultos líneas2 gira, girar, hacia, mira, ésta hace, tú, más. Niños líneas 1 hayque², posible, es, así, esta, yo, papá, mamá. Niños líneas 2 aquí, hacer, esto, que, entonces, no. Adultos carteles 1 dirección, rápido, si, mueve y porque. Adultos con Conocimiento rueda, todo, una, movimiento, vuelta, hacia, puede, hace, ahora, muy, y				No se puede analizar ya que no salen configurados grupos diferenciados en AFCS. Uso de algunas palabras que se repiten (hayque, no, yo)	
Análisis de videos Categorías de Conducta	Se sienta sobre los cuerpos geométricos Cambia de lugar objetos Cuentan (los niños) GESTO - Señala (no contando) GESTOS – que acompañan explicación Atención conjunta a una esquina Sin carteles Conductas de video con diferencias significativas: ATENCIÓN CONJUNTA, SEÑALAR CONTAR		Unen líneas Separan dos ruedas Cambian configuración Cuentan GESTOS - Señalan GESTOS- indican dirección de movimiento giratorio Leen carteles: 50% Conductas de video con diferencias significativas en grupo de padres con conocimiento: CONTAR, SEÑALAR, GESTOS ROTACIÓN				Controla la salida del aire Coloca el embudo para comparar GESTOS–Señalar GESTOS- que acompañan explicación Leen carteles: 85% Sin diferencias significativas:	
Definición de Patrones de Actuación	Invitar a ver Comparar Explicar Cuantificar		Invitar a ver Comparar Explicar Cuantificar Leer				Invitar a ver Comparar Explicar Leer	
Categorías de	Mención de Ángulos o		Son Ruedas Dentadas 60%.				Vacío	8,8%

respuestas de contenidos explicitados	esquinas 70%, 20%.	Conexión 65%	Características de objetos 41,1%	
		Transmisión movimiento 67,5%		Paradoja 58,8 %
		Mov. contrario 25%		Diferencia de presiones 41% 41%
		Vel./ fuerza 32.5%		