

Epistemic Actions in Science Museums: Families Interacting with the Mirror Room Exhibit

Diana Alderoqui-Pinus* and Juan-Ignacio Pozo**

*Bloomfield Science Museum Jerusalem, **Universidad Autónoma de Madrid

Abstract

Interactive museum exhibits offer opportunities to manipulate and discuss phenomena. Epistemic actions relevant to the Mirror Room exhibit were identified, analyzing the exhibit's messages and the external representations that support these activities. Exhibit elements were placed at different angles to support the conversation around the number of reflections in each corner. The effect of these external representations on the interaction of families in the Mirror Room was recorded. Geometric solids in the corners of the mirrors in the experimental group doubled the interaction time and supported epistemic actions (e. g. counting) as compared to the control group without the geometric solids. In addition, families mentioned corners or angles more frequently in the experimental situation. Based on these results, it is recommended to implement a representational analysis for the identification of specific epistemic actions in each exhibit as design guidelines.

Keywords: Interactivity, epistemic actions, science museum, exhibit design, parent-child interaction.

Resumen

Las exposiciones en museos interactivos ofrecen oportunidades para manipular y conversar acerca de los fenómenos. Se identificaron acciones epistémicas pertinentes a la Salita de espejos, analizando los mensajes del módulo y las representaciones externas que apoyan estas acciones. Se agregaron elementos en las esquinas para apoyar la conversación en torno al número de imágenes en cada esquina. Se registraron las interacciones de las familias en la Salita de los Espejos. La adición de los cuerpos geométricos duplicó el tiempo de interacción en el grupo experimental y facilitó acciones epistémicas (p. e., contar), en comparación con el grupo de control sin los cuerpos geométricos. Además, las familias mencionaron esquinas o ángulos con más frecuencia en la condición experimental. En base a estos resultados, se recomienda la aplicación del análisis representacional y la necesidad de identificar las acciones epistémicas específicas en cada muestra como guías para el diseño.

Palabras clave: Interactividad, acciones epistémicas, museos de ciencia, diseño, interacciones familiares.

Acknowledgement: The authors would like to thank Tali Tal and Tammy Yehiely for their valuable comments on the manuscript. This research was also supported by the Spanish Ministry of Science and Innovation (EDU2010-21995-C02-01).

Correspondence: Juan Ignacio Pozo, Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Madrid, Avda. Ivan Pavlov, 6 Campus de Cantoblanco, 28049, Madrid (Spain). E-mail: nacho.pozo@uam.es

Introduction

Museums and science centers constitute an important support for science learning. Research conducted on visitor learning in museums suggests that interactivity promotes engagement, understanding, and recall of exhibits (Allen, 2004). Successful interactive exhibits have specific learning goals in mind and provide multiple ways for learners to engage with concepts, practices, and phenomena in a particular setting. What are meaningful behaviors in the interaction with a science museum exhibit? How are these behaviors enabled by design? When informally asked, museum practitioners respond that they would like visitors to experiment with the exhibit, develop their curiosity, make connections to previous knowledge, and build a base for future learning. Interactive exhibits are also described as tools for providing memorable learning experiences in the physical, affective, and cognitive domains.

Recent literature on designed environments in informal settings (Bell, Lewenstein, Shouse, & Feder, 2009) refers to the science-specific capabilities (strands) supported by informal science learning environments. Two of the six strands relate specifically to interactive exhibits: visitors “come to generate, understand, remember, and use concepts, explanations, arguments, models and facts re-

lated to science (Strand 2)” and “manipulate, test, explore, predict, question, observe, and make sense of the natural and physical world (Strand 3)” (p. 295). One strand refers to the explicit articulation of concepts as reflected in conversation at the exhibit site and the other to the ways visitors interact with the exhibit. Guidelines to develop interactive exhibits must relate to both: conversation about and interaction with the exhibit.

Researchers have been studying interactive exhibits as a means of enabling conversation about scientific concepts and ideas, conversation viewed as a process and product of learning in museums (Leinhardt & Crowley, 1998; Leinhardt & Knutson, 2004). Exhibits are effective ways of eliciting conversation on specific topics, from biology (Ash, 2003) to mechanics (Martin & Tonn, 2003).

But research points to the difficulty of relating to both aspects. There seems to be a tension between explicit articulation of concepts and active exploration in attempting to simultaneously favor the explicit articulation of messages and encourage investigative behavior (Allen, 2004). For example, interaction with the Downhill Race exhibit (which explored the effects of the distribution of mass in the speed/acceleration of a rolling disk) revealed one constraint: when the exhibit included specially designed disks that high-

lighted the mass distribution, more visitors succeeded in identifying the correct principle; however, interaction time with the exhibit decreased.

This has awakened a central discussion among practitioners and researchers in science museums. Are interactive experiences in museums aimed at motivating curiosity and exploration or should they also be learning tools? Some exhibits suit one aspect of the equation better than the other, motivating and engaging, but not necessarily helping visitors to make the scientific content explicit. Self-exploration and play are indeed unique experiential learning experiences that take place in museums and it has been recognized that nurturing curiosity, increasing motivation and fostering positive attitudes with regard to science are essential elements of the museum experience. From a psychological perspective, this study focuses on the cognitive value of exhibits to bridge between the exploration and the understanding sides of the dilemma highlighted in the science museum literature.

An analysis of the manipulation of the exhibit is proposed: is it restricted to making the exhibit work or does it elicit epistemic actions aimed at understanding the exhibit? Moreover, how do visitors identify what can be done with the exhibit? Can some elements in the exhibit support epistemic actions?

To assess the cognitive or epistemic value of exhibits, activities undertaken to make the exhibit work (pragmatic behavior such as turning a wheel in a cogwheel system) should be distinguished from activities geared toward an attempt to understand (epistemic actions such as separating two wheels in order to observe the transmission of movement from one wheel to the other). Each exhibit admits of different pragmatic and epistemic actions. The definition of epistemic actions is based on that of Kirsh & Maglio (1994): actions that use the world to improve cognition. These actions are not employed to generate a reaction; they are carried out to change the world and simplify the problem-solving task at hand. The identification of specific epistemic actions with each exhibit (behaviors carried out to understand the phenomena displayed by the exhibit) can then guide the design of the interaction. By listing the epistemic actions relevant to each exhibit, elements that allow for a range of activities and constrain others can be identified.

Usually the term affordances has been used when seeking to design exhibits that are easy to manipulate and do not require long instructions. But what about taking into consideration cognitive affordances (Zhang & Patel, 2006), affordances provided by cultural conventions that can influence cognitive behavior? Re-

lying on the interaction with cognitive artifacts elements that support epistemic actions can be selected and considered as external representations of information (Zhang & Norman, 1994). These external representations can make the underlying structure of the exhibits more explicit and ease the cognitive load (Scaife & Rogers, 1996), allowing for changes in the nature of the task by generating more efficient action sequences (Zhang & Norman, 1994), aiding processing by limiting abstraction (Stenning & Oberlander, 1995) and providing information that can be perceived directly. Epistemic actions in exhibits can be mediated by external representations that support some epistemic actions and not others. Information flow is essential for the definition of tasks and the affordance of epistemic actions. Some external representations can differ from each other in terms of the distribution of information, with some more explicit (external) than others. A representational analysis is needed to generate the optimal display of information, identifying the essential elements (external representations) for the task at each stage.

The Mirror Room: identifying specific epistemic actions in response to an interactive exhibit

So the question remains: How can designers help visitors ar-

ticulate the core messages more explicitly without damaging the visitors' playful interaction with exhibits? One way to relieve this tension is to connect conversations at the exhibits with an invitation to interaction, that is, to combine specific messages expressed by visitors with the different tasks visitors are invited to undertake at each exhibit. The epistemic actions in relation to messages contained in exhibits at a science museum were identified. Small changes were made in one exhibit, and their effect on conversation and behavior were recorded. Findings obtained for the Mirror Room are reported in this article. Mirrors are familiar, everyday objects, and people are quite used to seeing their image reflected in them. Flat and distorting mirrors are popular in science museums, and it is assumed that visitors enjoy trying them out. The central question for this study was: In what ways do external representations that highlight the abstract structure of the exhibit (a room covered by mirrors with corners that have different numbers of reflections) draw attention to particular elements and structure the tasks visitors undertake, allowing computation and the explication of specific concepts? The interaction between children and their parents was recorded at the Mirror Exhibit. Family interactions have been extensively studied in informal contexts (Ellenbogen, Luke, & Dierking, 2004) and allow comparisons

to be made with other studies. The aim of this study was to identify the effect of external representations on the actions carried by visitors.

Method

Participants

The sample population consisted of 60 families with at least one child between five and ten years old and one adult, as defined in Borun et al. (1998). The families visited the museum during holidays. Each family included one to three children; at least one parent had completed at least 13 years of formal education (as have the majority of adult visitors to the museum).

Tasks

The Mirror Room is a triangular room lined with mirrors on the walls and ceiling. The angles in the corners of the room and the number of images vary: 30 degrees (12 images), 60 degrees (six images), and 90 degrees (4 images). The explanatory labels are outside the Mirror Room. The Mirror Room is part of the children's wing at the Bloomfield Science Museum Jerusalem, an informal cultural and educational institution that presents exhibitions consisting of interactive exhibits on subjects of science and technology, and in-

tegrates these exhibits into a context through a wide range of educational activities. The museum is visited by more than 200.000 visitors a year, mainly families and around 50.000 school children during fieldtrips.

To establish connections between the interactive opportunities and the core messages in each exhibit an initial framework was built to analyze the array of tasks visitors are invited to perform at the exhibit. This tool was based on the functional analysis of cognitive artifacts (Zhang, Johnson, Malin, & Smith, 2002), and on the distinction between initial and prolonged engagement activities noted in the APE project (Gutwill & Thogersen, 2005; Humphrey & Gutwill, 2005).

Representational analysis can identify core messages, goals and the means to achieve them, and the ideal task structure and information flow, independently of implementation (Zhang & Norman, 1994). In the process of identifying the ideal information display format for an exhibit, the best information flow structure should be selected for a given task to allow the interaction of different types of visitor (Zhang & Norman, 1994). Bearing in mind that visitors are free to choose from an array of tasks, the representational analysis is applied to highlight some options and constrain others by selecting external representations, such as objects, signs and measurement in-

Chart 1

Representational Analysis of the Mirror Room, following Gutwill & Thogersen (2005), and Zhang et al. (2002)

Messages of the exhibit	Images and multiplication of images. Relation between the between-mirror angle and the number of images.
Initial Engagement	Observe one's image in the mirrors. Discover new images (see oneself from above and behind). Move around the room to see one's images in motion
Prolonged engagement: procedures, behaviors, and restrictions to action	Focus attention in the corners. Count the number of images in each corner. Compare the number of images in the different corners. Change the position of body and objects in the corner to verify the effect.
Display of information: levels of complexity and use of different codes	<i>Explicit Information:</i> The number of images is different in each corner. <i>Implicit Information:</i> More images are reflected in the small angle. <i>Conceptual Information:</i> The smaller the angle, the more images are reflected.

struments, but leaving the choice and control of the different options in the hands of the visitor.

The representational analysis starts out from the messages of the exhibit and translates these messages into actions in relation to the exhibit. Some are the visitors' initial actions and others are new options for prolonged engagement, as in Gutwill and Thogersen's (2005) analysis of active prolonged engagement exhibits. Lastly, the information display (the external representations that are needed to carry out those actions in the form of objects, signs or labels) are planned.

Representational analysis guided the structure of the experimental and control situations: objects were attached to the corners of the exhibit to 1) draw visitors' attention to the corners, 2) produce attractive reflected images as visitors change their location, and 3) enhance the differences between the three corners. After several configurations (plates attached to the floor, balls in the corners), geometric solids that could be manipulated were eventually added to the corners of the exhibit space in the experimental situation. In the control group these elements were excluded (see Figure 1 below).

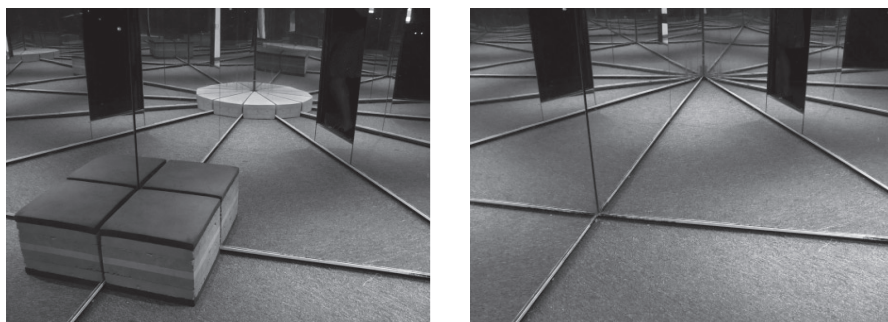


Figure 1. Mirror room for the experimental group (left) and for the control group (right).

Taking into account the differences among experimental and control situations of the Mirror Room, the representational analysis highlighted components of both situations to be used in the definition of the criteria of the analyses

Procedure

The family interactions within the exhibit space were video and audio-recorded after obtaining the consent of one parent. Each of the 70 families entering the children's wing with one child between five and ten years of age was approached and asked to participate in a study on enhancing museum exhibits to make them suitable for family learning. Of the families approached, 95 percent agreed to participate in the study. Of these 66 families, those that did not engage in any parent-child interaction while visiting the exhibit (e.g.

the children played with the exhibit and the parents waited outside the Mirror Room) were excluded, so 60 families remained. The control and experimental situations were alternated each day. 30 families interacted in the experimental situation and 30 in the control situation. A video camera and microphone had been installed beforehand to record activities with minimal interference.

Data analysis

From the representational analysis of the task summarized in Chart 1, the following criteria of analysis were defined:

1) Measurement of interaction time with the exhibit: The interaction time was measured from the moment that at least one child and one adult entered the Mirror Room together until the moment either both parents or all the children exited the Mirror Room.

2) Explicit articulation of particular concepts during the interaction: The conversations were transcribed, with core concepts (angles and corners) highlighted to note explicit articulation of the relationship between the mirror angle and the number of images.

3) Frequency of specific epistemic actions: Specific behaviors were categorized as epistemic. Independent judges analyzed 25 percent of the families and the kappa coefficient was determined for each epistemic action. The frequency of these behaviors was recorded. Some categories were redefined and others integrated or deleted (because they could not be defined operationally or lacked informational value). For example, since the behavior of touching the mirrors was ambiguous, the category was modified and defined as to exploring the interior of the exhibit space while moving around, whether or not visitors actually touched the mirrors. In defining the epistemic behavioral categories, pragmatic behaviors were overlooked: approaching or touching a mirror or making faces in front of the mirror. *Exploring the interior of the exhibit space* and *making whole-body movements in front of the mirrors* were global actions taken into account. Actions related to *pointing out* something to someone were also recorded, consistent with previous research analyzing conversation as identifying and describing (Borun, Chambers, &

Cleghorn, 1996) and sometimes as perceptual talk (Allen, 2002). *Joint attention* to the corners, defined as a parent and child approaching one corner together, and *counting* (sometimes accompanied by pointing) demonstrated epistemic value and were also recorded. No reading behavior was recorded because the texts were outside the Mirror Room. Touching or moving the geometric solids appeared only in the experimental situation and were not used for comparison.

Results

Measurement of interaction time in the exhibit

Interaction times with the mirror exhibit were measured for the families both in the experimental and the control situation.

Table 1

Interaction Times in the Mirror Room Exhibit

	Experimental situation	Control situation
Interaction Time	<i>M</i>	03.07
	<i>D.T</i>	(02.08)
	<i>F</i>	10.135
	<i>p</i>	.002*

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

As shown in Table 1, significant differences were found in the

families' interaction times ($F(1, 58) = 10.13, p < .005$), ranging from an average of 1.44 minutes in the control situation to an average of 3.07 minutes in the experimental situation with geometric solids, that clearly improved the interaction time in the Mirror Room.

In depth study

Interaction time comparing parents' years of schooling

Building on these results, an in-depth study of the actions and conversations of a smaller group in each situation at the exhibit (20 families, 10 in each situation) was conducted. The groups were formed so as to include parents with different lengths of schooling: parents having completed 16 years of schooling were compared with parents having completed less than 16 years of schooling, regardless of their experimental situation. No significant differences were found in the interaction times of either group when comparing the interaction time of parents with more than 16 years of schooling and of parents with less than 16 years of schooling.

Explicit articulation of particular concepts during interaction in the experimental and control situations

For the in-depth study of the interaction in relation to the situation two groups of 10 families for each

situation were formed: half of the parents in each group had less than 16 years of schooling and half of them more than 16 years of schooling. For these families, information on the age of the children was gathered ($n = 19$, average age = 5.9 for the experimental group, $n = 16$ average age = 7 for the control group).

Table 2

Average Rank of Mention of Angles or Corners in the Mirror Room

	Experimental situation	Control situation
Mean Rank	13.50	7.50
Mention of angles or corners	Z	-2.49
	U	20.00
	p	.013*

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

The frequency of mention of core concepts, such as angles or corners, was extracted from the transcribed conversations, finding that families in the experimental group made more references to corners or angles ($U(10) = 20.00, p < .05$).

Frequency of epistemic actions during the interaction

Epistemic actions specific to the Mirror Room were recorded: *Exploring the interior* (of the room) (Cohen's kappa statistics = 1.00); *making a whole body*

movement (Cohen's kappa statistics = .769); *joint attention* (Cohen's kappa statistics = 1.00), *pointing* (Cohen's kappa statistics = 1.00) and *counting* (Cohen's kappa statistics = 1.00), producing a general inter-rater value of .955.

Table 3
Average Rank of Epistemic Actions in the Mirror Room

		Experimental situation	Control situation
Joint attention	Mean rank	14.20	6.80
	Z	-2.88	
	U	13.00	
	p	.004**	
Point	Mean rank	13.25	7.75
	Z	-2.09	
	U	22.50	
	p	.035*	
Count	Mean rank	13.50	7.50
	Z	-2.50	
	U	20.00	
	p	.012*	
Exploring the interior of the room	Mean rank	8.50	12.50
	Z	-1.78	
	U	30.00	
	p	.143	
Making a body movement	Mean rank	10.80	10.20
	Z	-25	
	U	47.00	
	p	.853	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Joint attention to a corner was defined as a parent and child approaching one corner together. The non-parametric Mann Whitney analysis revealed significant differences for this activity ($U(10) = 13.00$, $p < .01$) when comparing the behavior of the experimental and control groups. The experimental group paid attention to the corners and interacted with them. Families in the experimental group paid attention to more than one corner of the exhibit (mean for this group was 3.2 versus 0.5 in the control group). This result is confirmed by the above referred explicit mention of corners or angles in the experimental group as recorded in the conversational analysis (Table 2).

Pointing was defined as indicating with the hand, with or without an extended arm. This action was generally accompanied by an explicit invitation addressed to another member of the family to look in a certain direction or perform a particular action. Again, pointing might indicate joint attention, identifying something, or showing interest. In order to distinguish between showing and counting, conversations were taken into account and pointing behavior while counting was not included. A great deal of pointing can be expected in family interactions in the Mirror Room: parents and children see interesting images of themselves and want to show them to each other. The Mann Whitney analysis shows

a significant difference between the experimental group and control groups: ($U(10) = 22.50, p < .05$). Families in the experimental group pointed more frequently than those in the control group, with a mean of 7.0, compared with 2.3 in the control group. Pointing at two different objects or situations can be interpreted as an act of comparison. Even if the action of comparison is not observable, it can be inferred while noting other epistemic actions, such as alternative joint attention to the corners of the Mirror Room and alternative pointing at two options.

One relevant epistemic action is *counting*. Reciting the numerals in sequence or pointing to the elements and announcing the sum was identified as one of the exhibit's epistemic activities, since it allows for comparison of the corners and the number of images as a function of the angle between the mirrors. The Mann Whitney analysis indicates significant differences between the situations: ($U(10) = 20.00, p < .05$). Children in the experimental group performed the counting activity, with a mean of 1.9, indicating that they counted the images in the corner more than once in each interaction.

Two epistemic behaviors produced no significant differences between the experimental and control groups. Families in both groups were observed *exploring the interior of the room* and *mak-*

ing body movements in front of the mirrors. These were expected behaviors in the presence of "trick" mirrors. In addition, visitors focused on the geometric solids in the experimental situation: When reflected in the mirror corners, the image of "multiplied" solids enticed visitors to move the solids to create different images. The experimental group paid attention to the geometric solids and interacted with them, placing them in different configurations in front of the mirrors and sometimes moving them from one corner to another. Other visitors counted their own images and the images of the solids. Parents and children could easily identify the principles underlying the exhibit and suggested to other family members interesting activities for further investigation.

Though the kinds of explanations parents gave in the exhibit was not the focus of the study, explanations appeared in both the experimental and the control situations. In both situations the explanations consisted of short phrases, as recorded in the museum literature (Fender & Crowley, 2007). Parents in the experimental group explained the relationship between the mirror angles and the number of images. When no geometric solids were present, parents described the proliferation of images, referring to one mirror in front of another, without explicitly mentioning corners or angles.

Discussion

The study identified elements that support specific activities and enhance conversation about the core messages of the exhibit. In the case of everyday phenomena (mirrors), geometric solids placed in the corners between two mirrors were perceived directly and changed the nature of the tasks (Zhang & Norman, 1994): visitors looked not only at themselves, but also at the exhibit corners, demonstrating behavior that supported computation of the images in the corners. Children and parents found challenges in their initial engagement (Gutwill & Thogersen, 2005) with the exhibit. For example, visitors entering the Mirror Room could recognize themselves in the mirror and tour around the space to explore and enjoy looking at different images of themselves. Actions observed in the study were categorized as reflecting a global orientation (*exploring the interior of the room*) or an analytic attitude (*pointing and counting*). Analytic actions, particularly interesting because they can be considered as epistemic actions, were observed in the experimental situation in the Mirror Room. Some elements in the exhibit appear to support analytic behavior.

Through representational analysis elements that highlighted epistemic actions and enhanced conversation about particular concepts could be identified (the visitors

talked about the geometric solids, but also about the corners of the exhibit). The objects added to the Mirror Room proved effective; but how can these findings be applicable for the design of interactive exhibits in science museums in general? To answer this question, the importance of epistemic actions and the value of carrying out a representational analysis of the exhibits is summarized.

Specific epistemic behaviors observed in relation to exhibits

Two analytic epistemic actions were traced in the present study: focusing attention to the corners and counting/comparing images in the corners of the exhibit.

Attention-focusing behavior is characterized by actions such as pointing and joint attention, and denotes the epistemic attitude of identifying something interesting and valuable to be shared. However, in contrast to the significance attributed by Borun et al. (1996) to identifying as a lower-level learning indicator in their family study, the action of identifying was recorded as occasionally indicating high-level family learning: In some cases the action of showing is directed toward the structure of the exhibit and not only the superficial and basic manipulation of the objects within. For example, a child might invite his father to look at the images that result when he manipulates the geometric solids.

The second epistemic action relates to the analytic action of *counting* and *comparing*. Comparing is a mental operation that can be inferred from behaviors such as:

- Alternating/successive attention (pointing alternatively, drawing attention successively).
- Repetition of actions in one situation or two different situations (e.g. moving objects in a corner of the Mirror Room).
- Mentioning similarities or differences in the conversation.

While these two actions (counting and comparing) can be considered separately, they might be brought together, to stress the underlying attitude of comparing two objects or magnitudes and establishing a correspondence. Comparing behavior is described in Barriault's (1999) framework as one manifestation of transition behavior; but it can be developed further and be related to the action of counting. *Counting/comparing* behavior differs from connecting talk, which is expressed as explicit connections made with something in the exhibit and some other knowledge or experience beyond the exhibit (Allen, 2002). A comparison between elements in one particular exhibit is one of the mind-on activities enhanced by design, one means by which museums create opportunities for visitors to observe and explore interesting phenomena in a systematic way. The act of comparing may

lead to the extraction of schemes and the identification of properties and relations (Gentner, Loewenstein, & Thompson, 2003). Both patterns of behavior, counting and comparing, indicate the attitude of making a distinction. Quantification enables comparison of two magnitudes. Counting and measuring (comparing to a scale) are procedures used by scientists to detect regularities and irregularities, to note what remains stable and what changes.

Comparisons related to the reflections in the corners were not elicited in the control situation, which featured only the triangular Mirror Room and its different corners. The experimental situation, in which geometric solids were added to the exhibit space, encouraged visitors to manipulate the objects, thus enabling and enhancing comparing behavior. Moreover, visitors in the experimental group were encouraged to elaborate and formulate hypotheses while comparing two corners, and to confirm their hypotheses in a third corner. In this situation, the geometric solids allowed for the establishment of cognitive and perceptual affordances (Zhang & Patel, 2006) that support epistemic behavior. Comparisons of this type are encouraged by interactive exhibits and are among the manipulation options available to visitors. They draw attention to entities, properties, or relations meaningful to the exhibit's messages, which might otherwise

be ignored or unexplored. This comparing behavior in the Mirror Room paved the way to visitors' explanations of the conceptual information in the exhibit.

The epistemic actions described in this paper (*inviting to see and counting/comparing*) connect behaviors and conversations, and can be applied to different interactive exhibits. These patterns of behavior can be compared with those found in other museum research. The most comprehensive approximation to a framework of behavior patterns is offered by Humphrey and Gutwill (2005), who identify four types of prolonged engagement with exhibits: exploration (following chains of actions to arrive at interesting or beautiful results), investigation (making predictions, generating and testing hypotheses, drawing conclusions), observation (noticing the details of a phenomenon), and construction (developing visitors creations). The analysis presented here allows to combine actions and conversations in a coherent framework and characterize epistemic actions such as *inviting to see* (identifying something interesting to be shared), and *counting/comparing* (relating two magnitudes or effects), both of which are related to exploratory behavior. The activities as those here presented reflect ways of investigating the world, generating an epistemic perspective in the museum and other learning contexts.

External representations to support epistemic actions: guidelines for design

The aim of this study was to identify the effect of external representations on the epistemic actions performed by visitors. In the present study the external representations drew attention to particular elements of the exhibit display and allowing computation and explicit articulation of core concepts in the exhibit. Interactive exhibits include objects, pictures, marks and texts, and they present information in a wide range of modalities. The main goal was to identify those elements that guide the visitors in identifying parameters and entities that affect the displayed phenomena, helping them to establish relationships between entities.

Once the possible tasks have been identified, the tension between teaching and exploratory behavior arises. The optimal level of freedom must still be determined because, as mentioned, there is an inverse relationship between the exhibit's level of structure and the visitor's level of engagement. As noted, when interacting with a structured exhibit, visitors articulate the exhibit's messages more easily, but shorten their interaction time (Allen, 2004). Thus, explicit and structured information enhances conversation, but not the visitor's interaction with the exhibit. In this regard, one phenomenon identified in recent museum

studies is that the didactic attitude of adults can sometimes overlook the exploratory approach of children (Anderson, Piscitelli, & Everett, 2008; Meisner, 2007), and the design of an exhibit can determine this sort of didactic attitude (Atkins, Velez, Goudy, & Dunbar, 2009; Melber, 2007). On the other hand, when confronted with complex phenomena, visitors have trouble identifying relevant information, and they may ignore the messages the museum is trying to convey (Crowley & Callanan, 1998; Gelman, Massey, & McManus, 1991). In these cases, there is a need to “help the helpers” (Schauble et al., 2002) to extract from exhibits meaningful interactions with their children.

In this study, an effort was made to address this tension between teaching exhibits and engaging exhibits that allow visitors to interact and develop epistemic actions. Using representational analysis, the children’s exploration and the options for exploration identified by the parents are oriented in the first engagement by means of a global approach and are then opened up to an analytical approach. The aim is to ease this tension by allowing exploration of variables that affect the phenomena *after an initial global and playful engagement* (recognizing themselves in the mirror and then making different images in the corners of the Mirror Room), which, in turn, allows for the development

of epistemic actions and conversation about specific concepts related to the exhibit’s messages.

In a search for meaningful interactions that enable visitors to identify relevant concepts and parameters, representational analysis was used to invite visitors to play with phenomena and to adopt an epistemic perspective. The focus of this study relies on the “interactivity on offer”, those interactions that promote building relationships between entities. The aesthetic and playful components of the interaction enable conversation about particular concepts that underlie the exhibit (different number of images in the different corners). There is still research to be done on the complexity of the messages. A mirror is a well-known phenomenon, but can this framework be applied when building exhibits on waves, hydrodynamics, and other counterintuitive phenomena? The representational analysis can orient the choices made when exhibits are developed. The information display can be set up so that is open for a range of epistemic behavior. Thus, interesting external representations of phenomena (Gutwill, 2008), such as the geometric solids in the Mirror Room, determine the establishment of cognitive affordances (Zhang & Patel, 2006), changing the nature of the tasks from pragmatic implementation (making the exhibit work) to epistemic actions and conversation among visitors about these actions

and their effects. When epistemic actions are envisioned beforehand the exhibit can be designed accordingly. Epistemic actions can also be taken into consideration when designing any didactic material to highlight the external representations that guide the activity. Exhibits and artifacts become objects of

knowledge and conversation and not only demonstrations of phenomena. The use of representational analysis of exhibits is recommended to encourage epistemic actions and strengthen the quality of interactive science exhibits as engaging and conversational tools for learning.

References

- Allen, S. (2002). Looking for learning in visitors talk: A methodological exploration. In G. Leinhardt, K. Crowley & K. Knutson (Eds.), *Learning conversations in museums* (pp. 259-303). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Allen, S. (2004). Designs for learning: Studying science museum exhibits that do more than entertain. *Science Education*, 88(1), 17-33. doi: 10.1002/sce.20016.
- Anderson, D., Piscitelli, B., & Everett, M. (2008). Competing agendas: Young children's museum field trips. *Curator*, 51(3), 253-273. doi: 10.1111/j.2151-6952.2008.tb00311.x.
- Ash, D. (2003). Dialogic inquiry and biological themes and principles: Implications for exhibit design. *Journal of Museum Education*, 28(2), 8-13.
- Atkins, L. J., Velez, L., Goudy, W. D., & Dunbar, K. N. (2009). The unintended effects of interactive objects and labels in the science museum. *Science Education*, 93(1), 161-184. doi: 10.1002/sce.20291.
- Barriault, C. (1999). The Science center learning experience: A Visitor-based framework. *The Informal Learning Review*. Retrieved from <http://www.informallearning.com/archive/1999-0304-c.htm>
- Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A. W., & Feder, M. A. (Eds). (2009). *Learning science in informal environments: People, places and pursuits*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Borun, M., Chambers, M., & Cleg-horn, A. (1996). Families are learning in science museums. *Curator*, 39(2), 123-138. doi: 10.1111/j.2151-6952.1996.tb01084.x.
- Borun, M., Dritsas, J., Jonson, J., Peter, N. E., Wagner, K. F., Fadigan, K., Jangaard, A., Stroup, E., & Wenger, A. (1998). *Family learning in museums: The PISEC perspective*. Philadelphia, PA: The Franklin Institute.
- Crowley, K., & Callanan, M. A. (1998). Identifying and supporting shared

- scientific reasoning in parent-child interactions. *Journal of Museum Education*, 23, 12-17.
- Ellenbogen, K. M., Luke, J. J., & Dierking, L. D. (2004). Family learning research in museums: An emerging disciplinary matrix? *Science Education*, 88(1), 48-59. doi: 10.1002/sce.20015.
- Fender, J. G., & Crowley, K. (2007). How parent explanation changes what children learn from everyday scientific thinking. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 28, 189-210. doi: 10.1016/j.appdev.2007.02.007.
- Gelman, R., Massey, C. M., & McManus, M. (1991). Characterizing supporting environments for cognitive development: Lessons from children in a museum. In L. B. Resnick, J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.), *Perspectives on socially shared cognition* (pp. 226-256). Washington, DC: APA.
- Gentner, D., Loewenstein, J., & Thompson, L. (2003). Learning and transfer: A general role for analogical encoding. *Journal of Educational Psychology*, 95(2), 393-408. doi: 10.1037/0022-0663.95.2.393.
- 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., & Thogersen, E. (2005). Initial and prolonged engagement: Resolving the tensions. *ASTC Dimensions* (November-December), 6-7.
- Humphrey, T., & Gutwill, J. P. (2005). *Fostering Active Prolonged Engagement: The Art of Creating APE Exhibits*. Walnut Creek: Left Coast Press.
- Kirsh, D., & Maglio, P. (1994). On distinguishing epistemic from pragmatic action. *Cognitive Science*, 18, 513-549. doi: 10.1207/s15516709cog1804_1.
- Leinhardt, G., & 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., & Knutson, K. (2004). *Listening in on museum conversations*. Walnut Creek, CA: Alta Mira Press.
- Martin, L., & Tonn, R. (2003). Balancing act: Activity theory applications to exhibit design. *Journal of Museum Education*, 28(2), 14-19.
- Meisner, R. S. (2007). Encounters with exhibits: a study of children's activity at interactive exhibits in three museums. Unpublished doctoral thesis. 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. doi: 10.1111/j.2151-6952.2007.tb00276.x.
- Scaife, M., & Rogers, Y. (1996). External cognition: How do graphical representations work? *International Journal of Human-Computer Studies*, 45, 185-213.
- Schauble, L., Gleason, M., Lehrer, R., Bartlett, K., Petrosino, A., Allen, A.,... & Street, J. (2002). Supporting science learning in museums. In G. Leinhardt, K. Crowley, K. Knutson (Eds.), *Learning conversations in museums* (pp.425-452) Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associate.

- Stenning, K., & Oberlander, J. (1995). A cognitive theory of graphical and linguistic reasoning: logic and implementation. *Cognitive Science*, 19(1), 97-140.
- Zhang, J., Johnson, K. A., Malin, J., & Smith, J. W. (2002). Human-centered information visualization. *International workshop on dynamic visualization and learning*. Tübingen, Germany.
- Zhang, J., & Norman, D. A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive Science*, 18, 87-122. doi: 10.1207/s15516709cog1801_3.
- Zhang, J., & Patel, V. L. (2006). Distributed cognition, representation, and affordance. *Pragmatics and Cognition*, 14(2), 333-341.

Diana Alderoqui Pinus is a Doctor in Psychology acting as Director of Evaluation in the Bloomfield Science Museum Jerusalem. Her doctoral thesis focused on interactive exhibits as tools for learning. She works also in the Israeli Ministry of Education, where she is in charge of Preschool Science Education. Alderoqui Pinus has published numerous articles on museum education and preschool science education.

Juan Ignacio Pozo is Professor at the Faculty of Psychology of the Autonomous University of Madrid, Spain, where he teaches topics related to psychology of learning. His research focuses on the processes of knowledge acquisition and conceptual change in a number of specific domains (e.g., physics, chemistry, history, geography, grammar, music). He has also studied how to change teachers and learners conceptions of learning as a requirement for school and curriculum transformation.

Received date: 14-11-2012

Review date: 26-01-2013

Accepted date: 22-02-2013

Acciones epistémicas en museos de ciencias: familias en interacción en la Salita de Espejos

Diana Alderoqui-Pinus* y Juan-Ignacio Pozo**

*Bloomfield Science Museum Jerusalem, **Universidad Autónoma de Madrid

Resumen

Las exposiciones en museos interactivos ofrecen oportunidades para manipular y conversar acerca de los fenómenos. Se identificaron acciones epistémicas pertinentes a la Salita de espejos, analizando los mensajes del módulo y las representaciones externas que apoyan estas acciones. Se agregaron elementos en las esquinas para apoyar la conversación en torno al número de imágenes en cada esquina. Se registraron las interacciones de las familias en la Salita de los Espejos. La adición de los cuerpos geométricos duplicó el tiempo de interacción en el grupo experimental y facilitó acciones epistémicas (p. e., contar), en comparación con el grupo de control sin los cuerpos geométricos. Además, las familias mencionaron esquinas o ángulos con más frecuencia en la condición experimental. En base a estos resultados, se recomienda la aplicación del análisis representacional y la necesidad de identificar las acciones epistémicas específicas en cada muestra como guías para el diseño.

Palabras clave: Interactividad, acciones epistémicas, museos de ciencia, diseño, interacciones familiares.

Abstract

Interactive museum exhibits offer opportunities to manipulate and discuss phenomena. Epistemic actions relevant to the Mirror Room exhibit were identified, analyzing the exhibit's messages and the external representations that support these activities. Exhibit elements were placed at different angles to support the conversation around the number of reflections in each corner. The effect of these external representations on the interaction of families in the Mirror Room was recorded. Geometric solids in the corners of the mirrors in the experimental group doubled the interaction time and supported epistemic actions (e. g. counting) as compared to the control group without the geometric solids. In addition, families mentioned corners or angles more frequently in the experimental situation. Based on these results, it is recommended to implement a representational analysis for the identification of specific epistemic actions in each exhibit as design guidelines.

Keywords: Interactivity, epistemic actions, science museum, exhibit design, parent-child interaction.

Agradecimientos: Los autores quieren agradecer a Tali Tal y Tammy Yehiely sus valiosos comentarios al manuscrito original. Esta investigación ha sido posible gracias a la concesión del Proyecto EDU2010-21995-C02-01 por parte del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

Correspondencia: Juan Ignacio Pozo, Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Madrid, Avda. Ivan Pavlov, 6 Campus de Cantoblanco, 28049, Madrid (Spain). E-mail: nacho.pozo@uam.es

Introducción

Los museos y centros de ciencia constituyen un apoyo importante para el aprendizaje de la ciencia. Las investigaciones realizadas sobre el aprendizaje de los visitantes en los museos sugieren que la interactividad promueve la aproximación hacia, la comprensión y la memoria de las exposiciones (Allen, 2004). Las exhibiciones interactivas exitosas se basan en metas de aprendizaje específicas y ofrecen a los visitantes diversas formas de relacionarse con conceptos, prácticas y fenómenos. ¿Cuáles son los comportamientos significativos en la interacción con una exhibición en un museo de ciencias? ¿Cómo puede el diseño facilitar estos comportamientos? Frente a esta pregunta, los profesionales de los museos responden que desearían que los visitantes logren experimentar con la exposición, desarrollar su curiosidad, hacer conexiones con conocimientos previos, y construir bases para aprendizajes futuros. También suele decirse que las exhibiciones interactivas deben ser herramientas que proporcionen experiencias de aprendizaje memorables en los dominios físico, afectivo y cognitivo.

Las investigaciones recientes sobre el diseño de entornos en espacios informales (Bell, Lewenstein, Shouse, y Feder, 2009) mencionan las capacidades específicas de la ciencia (líneas) que pueden verse apoyadas por los ambientes informales de aprendizaje de ciencias. Dos de las seis líneas se refieren es-

pecíficamente a exhibiciones interactivas: los visitantes pueden «llegar a generar, comprender, recordar y utilizar conceptos, explicaciones, argumentos, modelos y hechos relacionados con la ciencia (línea 2)» y a «manipular, probar, explorar, predecir, preguntar, observar y entender el mundo natural y físico (línea 3)» (p. 295). Una de las líneas se refiere a la articulación explícita de los conceptos reflejada en la conversación en el museo y la otra a la manera de interactuar de los visitantes con la exposición. El desarrollo de exhibiciones interactivas debería considerar ambos aspectos: la conversación y la interacción con la exposición.

Varios investigadores han identificado ya que las exhibiciones interactivas son un medio para facilitar la conversación sobre conceptos e ideas científicas, considerándose la conversación como un proceso y un producto del aprendizaje en museos (Leinhardt y Crowley, 1998; Leinhardt y Knutson, 2004). Los módulos interactivos son vías efectivas para provocar la conversación acerca de temas específicos, desde la biología (Ash, 2003) a la mecánica (Martin y Tonn, 2003).

Pero las investigaciones apuntan, asimismo, a la dificultad de relacionar ambos aspectos. Cuando se intenta favorecer al mismo tiempo la articulación explícita de mensajes y el comportamiento investigativo parecería existir una tensión entre la articulación explícita de los conceptos y la exploración activa de los fenómenos (Allen, 2004). Por ejem-

plo, en la interacción con el módulo de la Carrera en Descenso (que explora los efectos de la distribución de la masa en la velocidad/aceleración de un disco rodante) se encontró una restricción: cuando la exposición incluía discos especialmente diseñados que destacaban la distribución de la masa, un mayor número de visitantes lograba identificar el principio correcto; sin embargo, el tiempo de interacción con el módulo disminuía.

Esto ha despertado un debate entre profesionales e investigadores en museos de ciencias. ¿Están las experiencias interactivas en museos destinadas principalmente a motivar la curiosidad y la exploración o deben también ser herramientas de aprendizaje de conceptos? Algunos módulos se adecuan mejor que otros a un aspecto de la ecuación, siendo motivadores y atractivos, pero no necesariamente ayudando a los visitantes a explicitar el contenido científico. La exploración auto-dirigida y el juego son realmente experiencias de aprendizaje únicas que tienen lugar en los museos y se ha reconocido que nutrir la curiosidad, aumentar la motivación y fomentar de actitudes positivas con respecto a la ciencia son elementos esenciales de la experiencia del museo. Desde un punto de vista psicológico, este estudio se centra en el valor cognitivo de exposiciones para conciliar la exploración y la comprensión, dilema señalado en la literatura de las museos de ciencias.

Se propone entonces un análisis de la manipulación de los módulos: ¿se limita la manipulación

a activar el módulo o provoca asimismo acciones epistémicas orientadas a comprender la exposición? Más aun, ¿de qué manera llegan los visitantes a identificar qué se consigue hacer con los módulos? ¿Pueden algunos elementos del módulo apoyar las acciones epistémicas?

Para evaluar el valor cognitivo o epistémico de los módulos, deben distinguirse las actividades emprendidas para poner en funcionamiento el módulo (comportamiento pragmático como girar una rueda en un sistema de varias ruedas dentadas) de las actividades orientadas a intentar comprender el módulo (acciones epistémicas, tales como la separación de dos ruedas del resto del sistema a fin de observar la transmisión de movimiento de una rueda a la otra). Cada módulo admite diferentes acciones pragmáticas y epistémicas. La definición de las acciones epistémicas se basa en la establecida por Kirsh y Maglio (1994): Las acciones que utilizan el mundo para mejorar la cognición. Estas acciones no se emplean para generar una reacción, sino que se llevan a cabo a fin de cambiar el mundo y simplificar la tarea en cuestión. La identificación de acciones epistémicas específicas para cada módulo (conductas llevadas a cabo para comprender los fenómenos que aparecen en la muestra) logra orientar el diseño de la interacción. Al enumerar las acciones epistémicas pertinentes para cada módulo, se identifican los elementos que permiten una amplia gama de actividades y restringen otras.

Por lo general, el término *affordance* ha sido utilizado al intentar diseñar exposiciones fáciles de manipular y que no requieran de largas instrucciones. Pero, ¿qué se lograría teniendo en cuenta las *affordances* cognitivas (Zhang y Patel, 2006), aquellas *affordances* proporcionadas por convenciones culturales que influyen en el comportamiento cognitivo? Basándose en la interacción con los artefactos cognitivos, se pueden seleccionar elementos que apoyan acciones epistémicas, siendo estos elementos considerados como representaciones externas de información (Zhang y Norman, 1994). Estas representaciones externas permiten que la estructura subyacente de los objetos expuestos sea más explícita y alivian la carga cognitiva (Scaife y Rogers, 1996), ocasionando cambios en la naturaleza de la tarea mediante la generación de secuencias de acción más eficientes (Zhang y Norman, 1994), facilitando el procesamiento mediante la limitación de la abstracción (Stenning y Oberlander, 1995) y el suministro de información que puede ser percibida directamente. Las acciones epistémicas en los módulos están mediadas por representaciones externas que apoyan algunas acciones y no otras. El flujo de información es esencial para la definición de las tareas y la potencialidad de las acciones epistémicas. Algunas representaciones externas difieren entre sí en términos de la distribución de la información, haciéndola más explícita (externa) que

otras. Para generar la visualización óptima de la información es necesario un análisis representacional, que identifique los elementos esenciales (representaciones externas) para las tareas en cada etapa de la manipulación.

La Salita de espejos: identificando acciones epistémicas frente a un módulo interactivo

Aun queda el interrogante: ¿Cómo pueden los diseñadores ayudar a los visitantes a articular los mensajes centrales de manera más explícita, sin dañar la interacción de los visitantes con los módulos? Una manera de aliviar esta tensión es conectar las conversaciones frente a los módulos con una invitación a la interacción, es decir, combinar mensajes específicos expresados por los visitantes con las diferentes tareas a realizar en cada módulo. En el presente caso, se identificaron las acciones epistémicas en relación con los mensajes de un módulo en un museo de ciencias. Se introdujeron pequeños cambios en el módulo y se registró su efecto tanto sobre la conversación como sobre la conducta de los visitantes. En este artículo, se presentan los resultados obtenidos para una de esas manipulaciones, la de la Salita de espejos. Los espejos son objetos familiares y cotidianos, y las personas están muy acostumbradas a ver su imagen reflejada en ellos. Los espejos planos y los distorsionados son populares en los museos de ciencias, y se asume que los visitantes disfru-

tan de ellos. La cuestión central de este estudio fue: ¿De qué manera las representaciones externas que ponen de relieve la estructura abstracta del módulo (una habitación cubierta por espejos con ángulos que muestran diferente número de reflejos) llamarán la atención sobre estos elementos y estructurarán las tareas de los visitantes, permitiendo el cálculo y la explicitación de conceptos específicos? Este estudio se centró en la interacción entre los niños y sus padres en la Salita de espejos. Las interacciones familiares han sido ampliamente estudiadas en los contextos informales (Ellenbogen, Luke, y Dierking, 2004), lo que permite realizar comparaciones con otros estudios. El objetivo de este estudio fue identificar el efecto de representaciones externas sobre las acciones realizadas por los visitantes.

Método

Participantes

La muestra estuvo conformada por 60 familias en las que había al menos un niño entre cinco y diez años de edad y un adulto, tal como han sido definidas por Borun et al. (1998). Las familias visitaron el museo durante días festivos. Cada familia incluye de uno a tres hijos, y por lo menos uno de los padres contaba como mínimo con 13 años de educación formal (como la mayoría de los visitantes adultos al museo de ciencias de Jerusalén).

Tareas

La Salita de espejos es una sala triangular cubierta con espejos en las paredes y el techo. Los ángulos en las esquinas de la habitación, y en consecuencia el número de imágenes, varían: 30 grados (12 imágenes), 60 grados (seis imágenes) y 90 grados (cuatro imágenes). Los carteles explicativos están fuera de la Salita de espejos. La Salita de espejos forma parte de la zona de los niños en el Bloomfield Science Museum de Jerusalén, una institución informal educativa y cultural que presenta exposiciones interactivas sobre temas de ciencia y tecnología, e integra estas exposiciones con una amplia gama de actividades educativas. El museo es concurrido por más de 200.000 visitantes al año, en su mayoría familias y por alrededor de 50.000 niños en visitas escolares.

Para establecer conexiones entre las opciones interactivas y los mensajes esenciales en cada módulo, se construyó un marco inicial para analizar el conjunto de tareas que los visitantes son invitados a realizar frente al módulo. Esta herramienta se basó en el análisis funcional de artefactos cognitivos (Zhang, Johnson, Malin, y Smith, 2002), y en la distinción entre las actividades de interacción inicial y prolongada mencionada en el proyecto APE (Gutwill y Thogersen, 2005; Humphrey y Gutwill, 2005).

El análisis representacional se orienta a identificar los mensajes clave, los objetivos y los medios para alcanzarlos, la estructura ideal

de la tarea y el flujo de la información, independientemente de la aplicación (Zhang y Norman, 1994). En el proceso de identificar el formato ideal de visualización de la información para un módulo, se debe seleccionar el mejor flujo de información para cada tarea, permitiendo la interacción de diferentes tipos de visitante (Zhang y Norman, 1994). Teniendo en cuenta que los visitantes son libres de elegir entre una gran variedad de tareas, el análisis de representación se aplica para destacar algunas de las opciones y restringir otras, mediante la selección de representaciones externas (objetos, signos e instrumentos de medición), pero dejando la elección y el control de las diferentes opciones en manos del visitante.

El análisis representacional comienza a partir de los mensajes de la exposición y traduce estos mensajes a acciones relativas al módulo. Algunas son acciones iniciales de los visitantes y otras son nuevas opciones para una interacción prolongada, como en el análisis de Gutwill

y Thogersen (2005). Por último, se considera el diseño de la información (las representaciones externas que se necesitan para llevar a cabo estas acciones en forma de objetos, carteles o etiquetas).

El análisis representacional guió la estructura de la situación experimental y la de control: Se adjuntaron objetos a las esquinas del módulo para 1) llamar la atención de los visitantes a las esquinas, 2) producir imágenes atractivas reflejadas cuando los visitantes modificaran la ubicación de los objetos, y 3) intensificar las diferencias entre las tres esquinas. Después de sopesar diversas configuraciones (placas fijadas al suelo, pelotas en las esquinas), en la situación experimental se incluyeron unos cuerpos geométricos que podían ser manipulados en cada esquina del módulo. En el grupo control estos elementos fueron excluidos (ver figura 1).

Teniendo en cuenta las diferencias entre la situación experimental y la de control en la Salita de espejos, el análisis representa-

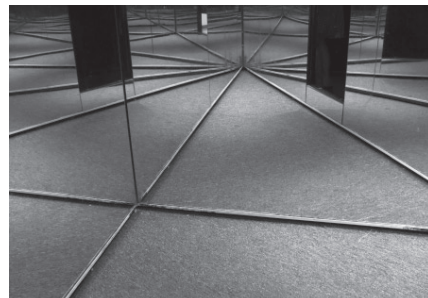


Figura 1. La Salita de espejos para el grupo experimental (izquierda) y para el grupo control (derecha).

cional identificó los componentes de ambas situaciones que podían ser útiles para definir los criterios de los análisis.

Cuadro 1

Análisis Representacional a partir de Gutwill y Thogersen (2005), y Zhang et al. (2002)

Los mensajes del museo	Reflexión y multiplicación de imágenes. Relación entre el número de imágenes en cada esquina y el ángulo de intersección de los espejos.
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.
Propuesta interactiva, procedimientos, conductas, restricciones a la acción	Focalizar la atención a las esquinas. Contar el número de imágenes en cada esquina. Comparar el número de imágenes en las distintas esquinas. Hacer variaciones de la ubicación de los objetos para verificar el efecto.
Niveles de complejidad y despliegue de la información	<i>Información explícita:</i> El número de imágenes en cada esquina es diferente. <i>Información implícita:</i> En el ángulo más pequeño hay más imágenes. <i>Información conceptual:</i> Cuanto más pequeño es el ángulo de intersección de los espejos, mayor cantidad de imágenes se ven reflejadas

Procedimiento

Después de obtener el consentimiento de uno de los padres, se grabaron las interacciones de la familia dentro del módulo tanto en vídeo como en audio. Se consultó a cada una de las 70 familias que ingresaron a la zona de los niños con un niño de entre cinco y diez años de edad y se les pidió que participaran en un estudio para mejorar la adecuación de los módulos al aprendizaje familiar. De las familias consultadas, el 95 por

ciento estuvo de acuerdo en participar en el estudio. De estas 66 familias, fueron descartados los casos en los cuales los padres no ingresaron con sus hijos simultáneamente (por ejemplo, los niños jugaban con la exhibición y los padres esperaban fuera de la Salita de espejos), quedando 60 familias. La situación experimental y la de control se alternaban cada día. 30 familias interactuaban en la situación experimental y 30 en la situación de control. Se habían instalado de antemano una cámara de vídeo y un mi-

crófono para registrar las actividades con una interferencia mínima.

Análisis de los datos

A partir del análisis representacional resumido en el Cuadro 1, se definieron los siguientes criterios de análisis:

1) Medición del tiempo de interacción con el módulo: se midió desde el momento en que al menos un niño y un adulto ingresaron juntos a la Salita de espejos hasta el momento en que bien ambos padres o bien todos los niños salieron de la Salita de espejos.

2) Articulación explícita de los conceptos centrales durante la interacción: Las conversaciones fueron transcritas, los conceptos básicos (ángulos y esquinas) fueron destacados para identificar la articulación explícita de la relación entre el ángulo del espejo y el número de imágenes.

3) Frecuencia de las acciones epistémicas específicas: Acciones específicas fueron clasificadas como epistémicas. Para cada acción epistémica jueces independientes analizaron un 25 por ciento de las familias y el coeficiente kappa fue determinado. Se registró la frecuencia de estos comportamientos. Algunas categorías fueron redefinidas y otras integradas o eliminadas (debido a la dificultad de definir las operativamente o porque carecían de valor informativo). Por ejemplo, como el comportamiento de tocar los espejos resultaba ambiguo, se modificó la categoría y se redefinió como explorar el interior del espacio del módulo

mientras el visitante se está moviendo alrededor, haya tocado o no los espejos. En la definición de las categorías de comportamiento epistémicas, no se tuvieron en cuenta las acciones pragmáticas: se acerca o toca un espejo o hace muecas frente al espejo. Explorar el interior del módulo y hacer movimientos con todo el cuerpo delante de los espejos eran en cambio acciones globales que sí fueron tomadas en cuenta. También se registraron las acciones relacionadas con *señalar* algo a alguien, en consonancia con investigaciones previas que analizaban las conversaciones en museos en términos de identificación y descripción (Borun, Chambers, y Cleghorn, 1996) y de habla perceptual (Allen, 2002). La *atención conjunta* a las esquinas, definida como un padre y un hijo que se acercan juntos a una de las esquinas, y *contar* (a veces acompañada de señalar) demostraron valor epistémico y también fueron registradas. No se registró el comportamiento de lectura ya que los textos estaban fuera de la Salita de espejos. La conducta de tocar o mover los cuerpos geométricos que apareció sólo en la situación experimental no fue utilizada para la comparación.

Resultados

Medición del tiempo de interacción en el módulo

Se midieron los tiempos de interacción para las familias que interactúan con la Salita de espejos en el grupo experimental y el grupo control.

Tabla 1

Tiempo de Interacción en la Salita de Espejos

		Situación experimental	Situación de control
Tiempo de Interacción	<i>M</i>	03.07	01.44
	<i>D.T</i>	(02.08)	(01.13)
	<i>F</i>	10.135	
	<i>p</i>	.002*	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

Como se muestra en la Tabla 1, se encontraron diferencias significativas en los tiempos de interacción de las familias ($F(1, 58) = 10.13$, $p < .005$), que van desde una media de 1.44 minutos en la situación de control a una media de 3.07 minutos en la situación experimental con cuerpos geométricos, mostrando claramente el aumento del tiempo de interacción en el Salita de espejos como consecuencia de la manipulación experimental.

Estudio en profundidad**Tiempo de interacción comparando la escolarización de los padres**

Sobre la base de estos resultados, se realizó un estudio en profundidad de las acciones y conversaciones de un grupo más pequeño en cada situación del módulo (20 familias, 10 en cada situación). Los grupos se formaron con el fin de incluir a padres con diferentes niveles de educación: se compararon familias cuyos padres habían completado

16 años de educación con familias cuyos padres habían completado menos de 16 años de educación, independientemente de su situación experimental. No se encontraron diferencias significativas en los tiempos de interacción de ambos grupos al comparar el tiempo de interacción de los padres con más de 16 años y padres con menos de 16 años de escolaridad.

Articulación explícita de los conceptos específicos durante la interacción en la situación experimental y la de control

Para el estudio en profundidad de la interacción se formaron dos grupos de 10 familias en cada situación: la mitad de los padres en cada grupo tenía menos de 16 años de escolaridad y la mitad de ellos más de 16 años de escolaridad. Para estas familias, se reunieron datos acerca de las edades de los niños ($n = 19$, edad media = 5.9 para el grupo experimental, $n = 16$, edad media = 7 para el grupo de control).

Tabla 2

Rango Medio de Mención de Ángulos o Esquinas en la Salita de Espejos

		Situación experimental	Situación de control
Mención de ángulos o esquinas	Rango medio	13.50	7.50
	<i>Z</i>	-2.49	
	<i>U</i>	20.00	
	<i>p</i>	.013*	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

La frecuencia de mención de conceptos básicos, tales como ángulos o esquinas, se extrajo de las conversaciones transcritas, encontrando que las familias del grupo experimental hacían más referencias a las esquinas o ángulos ($U(10) = 20.00$, $p < .05$).

Frecuencia de acciones epistémicas durante la interacción

Se registraron acciones epistémicas específicas para la Salita de espejos: *Explorando el interior* (de la habitación) (κ de Cohen = 1.00), *hacer un movimiento con todo el cuerpo* (κ de Cohen = .769), la *atención conjunta* (κ de Cohen = 1.00), *señalar* (κ de Cohen = 1.00) y *contar* (κ de Cohen = 1.00), produciendo un acuerdo inter-jueces de valor .955.

La *atención conjunta* a una esquina fue definida como un padre y un hijo acercándose juntos a una de las esquinas. El análisis no paramétrico de Mann Whitney reveló diferencias significativas para esta actividad ($U(10) = 13.00$, $p < .01$) al compararse el comportamiento del grupo experimental y el de control. El grupo experimental prestó atención a las esquinas e interactuó con ellas. Las familias del grupo experimental prestaron atención a más de una esquina del módulo (la media para este grupo fue 3.2 frente a 0.5 en el grupo de control). Este resultado fue confirmado por la mención

Tabla 3

Rango Medio de Acciones Epistémicas en la Salita de Espejos

		Situación experimental	Situación de control
Atención conjunta	Rango medio	14.20	6.80
	Z	-2.88	
	U	13.00	
	p	.004**	
Señalar	Rango medio	13.25	7.75
	Z	-2.09	
	U	22.50	
	p	.035*	
Contar	Rango medio	13.50	7.50
	Z	-2.50	
	U	20.00	
	p	.012*	
Explorar el interior de la habitación	Rango medio	8.50	12.50
	Z	-1.78	
	U	30.00	
	p	.143	
Hacer movimiento con el cuerpo	Rango medio	10.80	10.20
	Z	-25	
	U	47.00	
	p	.853	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$.

explícita de esquinas o ángulos anteriormente citada en el grupo experimental, registrado en el análisis de la conversación (Tabla 2).

Señalar se definió como indicar con la mano, con o sin el brazo extendido. Esta acción fue acom-

pañada generalmente por una invitación explícita dirigida a otro miembro de la familia a mirar en una dirección determinada o a realizar una acción en particular. Una vez más, señalar podría indicar la atención conjunta, la identificación de algo, o la expresión de interés. Con el fin de distinguir entre señalar y contar, se han tenido en cuenta las conversaciones, de modo que no se incluyó entre las acciones de señalar cuando acompañaba a una acción de conteo. Se encontraron una gran cantidad de acciones de señalar en las interacciones familiares en la Salita de espejos, ya que tanto los padres y los niños encontraban interesante ver imágenes de sí mismos y deseaban mostrárselas a los demás. El análisis de Mann Whitney mostró una diferencia significativa entre el grupo experimental y el grupo control: ($U(10) = 22.50$, $p < .05$). Las familias del grupo experimental señalaron con más frecuencia que las del grupo control, con una media de 7.0, en comparación con 2.3 en el grupo control. Señalar a dos objetos o situaciones diferentes puede ser interpretado como un acto de comparación. Incluso si la acción de comparación no es observable, puede ser inferida a partir de otras acciones epistémicas, tales como la atención conjunta alternativa a las esquinas de la Salita de espejos y señalización alternada a dos opciones.

Una acción epistémica pertinente es *contar*. Recitar los números en secuencia o señalando ele-

mentos y anunciando su suma fue identificada como una de las actividades epistémicas del módulo, ya que permite la comparación de las esquinas y el número de imágenes en función del ángulo entre los espejos. El análisis de Mann Whitney indica diferencias significativas entre las situaciones: ($U(10) = 20.00$, $p < .05$). Los niños del grupo experimental realizaron la actividad de recuento, con una media de 1.9, lo que indica que contaron las imágenes en las esquinas más de una vez en cada interacción.

Dos conductas epistémicas no produjeron diferencias significativas entre los grupos experimental y control. Se observó que las familias de ambos grupos exploraron el interior de la habitación e hicieron movimientos del cuerpo frente a los espejos. Estas conductas son de esperar en la presencia de espejos deformantes. Además, los visitantes se centraron en los cuerpos geométricos de la situación experimental: al ser reflejada en las esquinas de los espejos, la imagen de los cuerpos «multiplicados» incitaron a los visitantes a mover los cuerpos geométricos para crear imágenes diferentes. El grupo experimental prestó atención a los cuerpos geométricos e interactuó con ellos, colocándolos en diferentes configuraciones delante de los espejos y, a veces moviéndolos de una esquina a otra. Otros visitantes contaron sus propias imágenes y las imágenes de los cuerpos geométricos. Los padres y los niños pudieron identificar fácil-

mente los principios que subyacen al módulo y sugirieron a sus familiares otras actividades interesantes para continuar la exploración.

Aunque los tipos de explicaciones que los padres dieron en el módulo no fueron el foco del estudio, las explicaciones aparecieron tanto en el grupo experimental y como en el de control. En ambas situaciones las explicaciones consistieron en frases cortas, según consta en la bibliografía en museos (Fender y Crowley, 2007). Los padres del grupo experimental explicaron la relación entre los ángulos de los espejos y el número de imágenes. En ausencia de los cuerpos geométricos, los padres de la situación control describían la proliferación de imágenes, en referencia a un espejo frente a otro, sin mencionar explícitamente las esquinas o ángulos.

Discusión

El estudio identificó elementos que apoyaron actividades específicas y que promovieron la conversación acerca de los mensajes centrales del módulo. En el caso de fenómenos cotidianos (espejos), la percepción directa de cuerpos geométricos colocados en las esquinas entre dos espejos cambió la naturaleza de las tareas (Zhang y Norman, 1994): los visitantes se concentraron no sólo en sí mismos y sus imágenes, sino también en las esquinas del módulo, mostrando comportamientos de cómputo de las imágenes en las

esquinas. Los niños y los padres encontraron nuevos desafíos a partir de su compromiso inicial con el módulo (Gutwill y Thogersen, 2005). Por ejemplo, los visitantes que entraron en la Salita de espejos podían reconocerse a sí mismos en el espejo y giraban en torno al espacio para explorarlo y disfrutar de observar diferentes imágenes de sí mismos. Las acciones observadas en el estudio fueron clasificadas como el reflejo de una orientación global (*explorar el interior de la habitación*) o una actitud analítica (*señalar y contar*). En la situación experimental de la Salita de espejos se observaron acciones analíticas, que resultan particularmente interesantes ya que pueden ser consideradas como acciones epistémicas. Algunos elementos de la manipulación experimental del módulo parecen apoyar el comportamiento analítico.

A través del análisis representacional, se identificaron elementos que sostenían acciones epistémicas y favorecían la conversación sobre conceptos particulares (los visitantes se refirieron no solo a los cuerpos geométricos, sino también a las esquinas del módulo). Los objetos agregados a la Salita de espejos demostraron su eficacia, pero ¿cómo pueden aplicarse estos hallazgos al diseño de exhibiciones interactivas en museos de ciencias en general? Para responder a esta pregunta, se resume la importancia de las acciones epistémicas y el valor de llevar a cabo un análisis representacional de los módulos.

Comportamientos epistémicos específicos observados en relación a los módulos

Dos comportamientos epistémicos analíticos se destacaron en el presente estudio: focalizar la atención en las esquinas y contar / comparar las imágenes en las esquinas del módulo.

Focalizar la atención es un comportamiento que se caracteriza por acciones tales como señalar y mantener la atención conjunta, lo que denota la actitud epistémica de identificar algo interesante y valioso para compartir. Sin embargo, en contraste con el significado atribuido por Borun et al. (1996) en su estudio del aprendizaje familiar, donde la identificación es un indicador de aprendizaje de nivel inferior, la acción de identificar se registró en nuestro estudio como indicando, ocasionalmente, un alto nivel de aprendizaje familiar: En algunos casos la acción de señalar está dirigida hacia la estructura de la exposición y no meramente hacia la manipulación superficial y básica de los objetos. Por ejemplo, un niño puede invitar a su padre a ver las imágenes que resultan cuando él manipula los cuerpos geométricos.

El segundo comportamiento epistémico se refiere a la acción analítica de *contar y comparar*. La comparación es una operación mental que puede deducirse de comportamientos tales como:

- Atención alternada o sucesiva (señalando alternativamente, señalando sucesivamente).

- Repetición de acciones en una misma situación o en dos situaciones diferentes (por ejemplo, mover los objetos en un rincón de la Salita de espejos).
- Mención de similitudes o diferencias en la conversación.

Si bien estas dos acciones (contar y comparar) son susceptibles de ser consideradas por separado, podrían reunirse, para hacer hincapié en la actitud subyacente de comparar dos objetos o magnitudes y establecer una correspondencia. El acto de comparar se describe en el marco de Barriault (1999) como una manifestación de un comportamiento de transición, pero puede desarrollarse más y estar relacionado con la acción de contar. La acción de contar/comparar difiere del habla de conexión, que se produce cuando se conecta explícitamente algún elemento de la exhibición con con algunos otros conocimientos o experiencias más allá de la exhibición (Allen, 2002). La comparación entre los elementos de un módulo en particular es una de las actividades *minds-on* mejoradas a través del diseño, un recurso mediante el cual los museos crean oportunidades para que los visitantes logren observar y explorar fenómenos interesantes de una manera sistemática. La acción de comparar puede conducir a la extracción de esquemas y a la identificación de propiedades y relaciones (Gentner, Loewenstein, y Thompson, 2003). Ambos patrones de comportamiento, contar y com-

parar, indican la actitud de hacer una distinción. La cuantificación permite la comparación de dos magnitudes. Contar y medir (en comparación con una escala) son los procedimientos utilizados por los científicos para detectar regularidades e irregularidades, tomar nota de lo que se mantiene estable y lo que cambia.

En la situación de control, que incluía solamente el cuarto triangular de espejos y sus rincones diferentes, no se suscitaron comparaciones relacionadas con los reflejos en las esquinas. La situación experimental, en la que se añadieron cuerpos geométricos al módulo, alentó a los visitantes a manipular los objetos, lo que provocó acciones de comparación. Más aun, los visitantes en el grupo experimental fueron inducidos a elaborar y formular hipótesis al comparar dos esquinas, y a confirmar sus hipótesis en una tercera esquina. En esta situación, los cuerpos geométricos permitieron el establecimiento de *affordances* cognitivas y perceptivas (Zhang y Patel, 2006) que apoyaron el comportamiento epistémico. Los módulos interactivos que ofrecen a los visitantes opciones de manipulación alientan este tipo de comparaciones. Atraen la atención sobre entidades, propiedades o relaciones relevantes a los mensajes de la exhibición, que de otro modo podrían ser ignoradas o quedarse sin explorar. Este comportamiento de comparar en la Salita de espejos favoreció la búsqueda de explicacio-

nes por parte de los visitantes para dar sentido a la información conceptual del módulo.

Las acciones epistémicas descritas en este artículo (*invitar a ver* y *contar/comparar*) conectan comportamientos y conversaciones, y pueden aplicarse a diferentes módulos interactivos. Estos patrones de comportamiento pueden ser comparados con los encontrados en otras investigaciones en museos. Humphrey y Gutwill (2005) ofrecen la aproximación más comprehensiva para elaborar un marco de pautas de comportamiento. Estos autores identificaron cuatro tipos de interacción prolongada con los módulos: la exploración (seguir cadenas de acciones para llegar a resultados interesantes o atractivos), la investigación (hacer predicciones, generalizar y comprobar hipótesis, sacar conclusiones), la observación (registrar los detalles de un fenómeno) y la construcción (desarrollo de creaciones por parte de los visitantes). El análisis presentado aquí permite combinar acciones y conversaciones en un marco coherente y caracterizar las acciones epistémicas, tales como *invitar a ver* (identificando algo interesante que compartir), *contar/comparar* (relacionando dos magnitudes o efectos), ambos relacionados con el comportamiento exploratorio. Actividades como las aquí presentadas reflejan una manera de investigar el mundo, generando una perspectiva epistémica en el museo y otros contextos de aprendizaje.

Representaciones externas para apoyar las acciones epistémicas: guías para el diseño

El objetivo de este estudio fue identificar los efectos que las representaciones externas tenían sobre las posibles acciones epistémicas llevadas a cabo por los visitantes. En el presente estudio las representaciones externas llamaron la atención de los visitantes sobre determinados elementos del módulo y permitieron el cálculo y la articulación explícita de los conceptos centrales del módulo. Los módulos interactivos incluyen objetos, imágenes, marcas y textos, y presentan la información en una amplia gama de modalidades. El objetivo principal fue identificar aquellos elementos que guían a los visitantes en la identificación de parámetros y entidades que afectan a los fenómenos expuestos, ayudándoles a establecer relaciones entre esas entidades.

Una vez que se han identificado las posibles tareas, surge la tensión entre la enseñanza y el comportamiento exploratorio. Está aún por establecer el nivel óptimo de libertad del visitante, puesto que, como se mencionó, existe una relación inversa entre el nivel de la estructura del módulo y el nivel de interacción del visitante. Como se observó antes, al interactuar con un módulo estructurado, los visitantes tienden a articular mensajes de la exhibición con más facilidad, pero acortan el tiempo de interacción (Allen, 2004). Así, la información explícita y estructurada aumenta la conversación, pero no la

interacción del visitante con la exposición. En este sentido, un fenómeno identificado en estudios recientes en museos es que la actitud didáctica de los adultos puede reducir el acercamiento exploratorio de los niños (Anderson, Piscitelli, y Everett, 2008; Meisner, 2007), y el diseño de una exposición puede determinar este tipo de actitud didáctica (Atkins, Vélez, Goudy, y Dunbar, 2009; Melber, 2007). Por otro lado, cuando se enfrentan a fenómenos complejos, los visitantes tienen problemas para identificar la información relevante, y pueden ignorar los mensajes que el museo intenta transmitir (Crowley y Callanan, 1998; Gelman, Massey, y McManus, 1991). En estos casos, hay una necesidad de «ayudar a los ayudantes» (Schauble et al., 2002) para extraer significado de las interacciones con sus hijos.

En este estudio, se hizo un esfuerzo para hacer frente a la tensión entre la enseñanza en exposiciones y la producción de exhibiciones atractivas que permiten a los visitantes interactuar y desarrollar acciones epistémicas. Utilizando el análisis representacional, la exploración de los niños y las opciones de exploración identificadas por los padres están orientados primero a la participación por medio de un enfoque global y abriéndose luego un enfoque analítico. El objetivo es aliviar esta tensión que permite la exploración de las variables que afectan a los fenómenos después de un compromiso inicial global y lúdico (reconocerse en el espejo y luego hacer imáge-

nes diferentes en las esquinas de la Salita de espejos), que, a su vez, permite el desarrollo de acciones epistémicas y la conversación sobre conceptos específicos relacionados con los mensajes del módulo.

En la búsqueda de interacciones significativas que permitan a los visitantes identificar los conceptos y parámetros relevantes, se utilizó el análisis representacional para invitar a los visitantes a jugar con los fenómenos y adoptar una perspectiva epistémica. El enfoque de este estudio se basa en la «oferta interactiva», aquellas interacciones que promueven la construcción de relaciones entre entidades. Los componentes estéticos y lúdicos de la interacción apoyan la conversación sobre determinados conceptos que subyacen a la exposición (número diferente de imágenes en las distintas esquinas). Queda aún por investigar el efecto de la complejidad de los mensajes. Un espejo es un fenómeno bien conocido, ¿pero puede aplicarse este enfoque a la construcción de exposiciones sobre ondas, hidrodinámica u otros fenómenos no-intuitivos? El análisis representacional puede orientar las decisiones a tomar en el desarrollo de exposiciones. La visualización de la informa-

ción logra configurarse de modo que quede abierta a una amplia gama de comportamientos epistémicos. Por lo tanto, el uso representaciones externas interesantes de los fenómenos (Gutwill, 2008), tales como los cuerpos geométricos en la Salita de espejos, promueven el establecimiento de *affordances* cognitivos (Zhang y Patel, 2006), el cambio de la naturaleza de las tareas de una actividad pragmática (iniciando la interacción con el módulo) a acciones epistémicas y conversaciones entre los visitantes sobre esas acciones y sus efectos. Cuando se prevén esas posibles acciones epistémicas puede diseñarse el módulo con esa meta. Este tipo de acciones epistémicas pueden tenerse en cuenta también para el diseño de cualquier material didáctico, destacando las representaciones externas que pueden guiar la actividad. Las exhibiciones y artefactos se convierten en objetos de conocimiento y conversación, y no sólo en demostraciones de los fenómenos. Se recomienda por tanto el uso del análisis representacional de los módulos para fomentar las acciones epistémicas y fortalecer la calidad de las exposiciones científicas interactivas como herramientas atractivas para la conversación y el aprendizaje.

Referencias

- Allen, S. (2002). Looking for learning in visitors talk: A methodological exploration. En G. Leinhardt, K. Crowley y K. Knutson (Eds.), *Learning conversations in museums* (pp. 259-303). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

- Allen, S. (2004). Designs for learning: Studying science museum exhibits that do more than entertain. *Science Education*, 88(1), 17-33. doi: 10.1002/sce.20016.
- Anderson, D., Piscitelli, B., y Everett, M. (2008). Competing agendas: Young children's museum field trips. *Curator*, 51(3), 253-273. doi: 10.1111/j.2151-6952.2008.tb00311.x.
- Ash, D. (2003). Dialogic inquiry and biological themes and principles: Implications for exhibit design. *Journal of Museum Education*, 28(2), 8-13.
- 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. doi: 10.1002/sce.20291.
- Barriault, C. (1999). The Science center learning experience: A Visitor-based framework. *The Informal Learning Review*. Recuperado de <http://www.informallearning.com/archive/1999-0304-c.htm>
- Bell, P., Lewenstein, B., Shouse, A. W., y Feder, M. A. (Eds.). (2009). *Learning science in informal environments: People, places and pursuits*. Washington, D.C.: The National Academies Press.
- Borun, M., Chambers, M., y Cleg-horn, A. (1996). Families are learning in science museums. *Curator*, 39(2), 123-138. doi: 10.1111/j.2151-6952.1996.tb01084.x.
- Borun, M., Dritsas, J., Jonson, J., Peter, N. E., Wagner, K. F., Fadigan, K.,...y Wenger, A. (1998). *Family learning in museums: The PISEC perspective*. Philadelphia, PA: The Franklin Institute.
- Crowley, K., y Callanan, M. A., (1998). Identifying and supporting shared scientific reasoning in parent-child interactions. *Journal of Museum Education* 23, 12-17.
- 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. doi: 10.1002/sce.20015.
- Fender, J. G., y Crowley, K. (2007). How parent explanation changes what children learn from everyday scientific thinking. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 28, 189-210. doi: 10.1016/j.appdev.2007.02.007.
- 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., Loewenstein, J., y Thompson, L. (2003). Learning and transfer: A general role for analogical encoding. *Journal of Educational Psychology*, 95(2), 393-408. doi: 10.1037/0022-0663.95.2.393.
- 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.
- Humphrey, T., y Gutwill, J. P. (2005). *Fostering Active Prolonged Engagement: The Art of Creating APE Exhibits*. Walnut Creek: Left Coast Press.
- Kirsh, D., y Maglio, P. (1994). On distinguishing epistemic from pragmatic action. *Cognitive Science*, 18, 513-549. doi: 10.1207/s15516709cog1804_1.
- Leinhardt, G., y Crowley, K. (1998). Museum learning as conversational elaboration: A proposal to capture, code and analyze museum talk. Mu-

- seum Learning Collaborative Technical Report MLC-01.
- Leinhardt, G., y Knutson, K. (2004). *Listening in on museum conversations*. Walnut Creek, CA: Alta Mira Press.
- Martin, L., y Tonn, R. (2003). Balancing act: Activity theory applications to exhibit design. *Journal of Museum Education*, 28(2), 14-19.
- 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. doi: 10.1111/j.2151-6952.2007.tb00276.x.
- 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., Lehrer, R., Bartlett, K., Petrosino, A., Allen, A.,... y Street, J. (2002). Supporting science learning in museums. En G. Leinhardt, K. Crowley, y K. Knutson (Eds.), *Learning conversations in museums* (pp.425-452). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associate.
- Stenning, K., y Oberlander, J. (1995). A cognitive theory of graphical and linguistic reasoning: logic and implementation. *Cognitive Science*, 19(1), 97-140.
- Zhang, J., Johnson, K. A., Malin, J., y Smith, J. W. (2002). Human-centered information visualization. *International workshop on dynamic visualization and learning*. Tübingen, Germany.
- Zhang, J., y Norman, D. A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive Science*, 18, 87-122. doi: 10.1207/s15516709cog1801_3.
- Zhang, J., y Patel, V. L. (2006). Distributed cognition, representation, and affordance. *Pragmatics and Cognition*, 14(2), 333-341.

Diana Alderoqui Pinus es Doctora en Psicología y trabaja como Directora de Evaluación en el Bloomfield Science Museum de Jerusalén. Su tesis doctoral se centró en los módulos interactivos como herramientas para el aprendizaje científico. Trabaja también en el Ministerio de Educación de Israel, donde se encarga de educación científica en el nivel Preescolar. Alderoqui Pinus ha publicado numerosos artículos sobre educación en los museos y educación científica para preescolares.

Juan Ignacio Pozo es Catedrático de Psicología Básica en la Facultad de Psicología de la Universidad Autónoma de Madrid, donde enseña materias relacionadas con la Psicología del aprendizaje. Su investigación está centrada en los procesos de adquisición de conocimiento y cambio conceptual en diferentes dominios específicos (por ejemplo., física, química, historia, geografía, gramática, música). Ha estudiado también el cambio de las concepciones de aprendizaje de profesores y alumnos como un requisito para el cambio de la escuela y el currículo.

Fecha de recepción: 14-11-2012

Fecha de revisión: 26-01-2013

Fecha de aceptación: 22-02-2013