

Multimodalidad e interactividad en algunas formas de contar la ciencia

Astrid Bengtsson *

Resumen: El enfoque multimodal se centra en cómo las personas dan sentido al mundo que las rodea mediante los diversos modos semióticos y recursos disponibles, y es por ello que este enfoque reviste especial interés a la hora de pensar el aprendizaje en general y la comunicación de la ciencia y la tecnología en particular. Como perspectiva teórica, analiza la interacción entre recursos y modos semióticos socialmente organizados a los que las personas apelan en la construcción de sentido, como la escritura, la imagen, el sonido, la mirada, el tono de voz, la gestualidad, formas en 3D, etc., así como la influencia de diversos soportes (como por ejemplo, los digitales o los analógicos), creando un contexto específico de significación en un dominio descriptivo y analítico particular. Por otro lado, desde hace más de tres décadas se sostiene que los museos y centros de ciencia y tecnología se encuentran entre las mejores propuestas de comunicación científica, debido a su oferta interactiva y participativa. Asimismo se destacan como espacios multimodales. En este trabajo proponemos una reflexión acerca del potencial de estos museos y centros, principalmente los interactivos, analizándolos desde los aportes de abordajes tales como la multimodalidad y el aprendizaje corporizado.

Palabras clave: Museos - ciencia - interactividad - multimodalidad.

[Resúmenes en inglés y portugués en las páginas 90-91]

(*) Astrid Bengtsson. Doctora y Magister en Psicología por la Universidad Autónoma de Madrid, España. Posgrado en Museología (Fundación TyPA). Licenciada en Psicopedagogía (C.A.E.C.E.), Argentina. Investigadora de la Comisión Nacional de Energía Atómica. Docente en el Instituto Balseiro (Universidad Nacional de Cuyo). Miembro del Consejo Académico y docente en la Especialización en Divulgación de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de la Universidad Nacional de Río Negro. Integrante del Proyecto de investigación C130 de la Universidad Nacional del Comahue. Desde 2001 participa en proyectos e investigación de comunicación científica y educación en ciencias, principalmente en entornos no formales.

Introducción

Actualmente nos encontramos frente a lo que algunos especialistas denominan la paradoja de la educación: como nunca antes, cada vez son más las personas que acceden a la educación, la que, además, demanda más años. Asimismo, la sociedad dispone de una enorme variedad y cantidad de recursos para acceder a la información, los que, conjuntamente, están en constante evolución. Sin embargo, frente a este panorama dinámico y cambiante que parece tan alentador, crece la sensación generalizada de que cada vez se aprende menos y peor (Pozo, 2016). Una de las miradas que podemos adoptar para explicar esta paradoja es que, pese a que la sociedad, así como sus recursos y contextos cambian y evolucionan, el aprendizaje sigue siendo pensado y analizado de una manera tradicional y hasta podría decirse, obsoleta. La tradición logocéntrica, dominante aún en la actualidad, se focaliza principalmente en el habla y la escritura como los recursos esenciales para el aprendizaje. Sin embargo, desde hace pocas décadas, esta postura es muy cuestionada, dando lugar a la generación de importantes cambios a la hora de diseñar y evaluar propuestas para el aprendizaje y la comunicación. Este giro podría servirnos para tratar de entender algunos aspectos del auge de los museos y centros interactivos de ciencia y tecnología. Ése es el propósito principal de este trabajo.

Como dijimos, tradicionalmente tanto la práctica como la investigación relacionadas con el aprendizaje se centraron en el habla y la escritura, reflejando la postura dominante que lo entiende como un logro fundamentalmente lingüístico. Por el contrario, el enfoque de la multimodalidad se interesa por todo el abanico de recursos semióticos que despliegan tanto aprendices como docentes (pero también comunicadores y museólogos, en línea con nuestro interés particular sobre la comunicación pública de la ciencia y tecnología y su puesta en práctica en los centros y museos de ciencia), así como su organización en la búsqueda de sentido que incluye, por ejemplo, la interacción intra- e interpersonal y entre recursos. Es decir, se trata de comprender de forma más integrada cómo impactan las interacciones sociales en el aprendizaje. Los museos y centros de ciencia brindan para ello una oportunidad única: ya sea por el tipo de interacción (entre pares, adultos-niños, visitantes-tecnología, visitantes-contexto, como postulan André, Durksen y Voman, 2017), o entre motivaciones, objetivos, actividades, etc. (Atkins et. al, 2008) o por ser espacios multimodales (Magalhães y Santiago Araujo, 2012).

Por otra parte, el enactivismo entiende que el aprendizaje es corporizado. Es decir, que los sentidos, la acción y la cognición son inseparables. El mayor impacto de las investigaciones en este dominio ha sido sobre todo en campos disciplinares como la lingüística, psicología cognitiva, interacción persona-máquina, matemática, inteligencia artificial, pero ha sido poco explorada en educación –a excepción de la educación en matemática– (Holton, 2010). Sin embargo, el enactivismo podría tener un impacto importante en la práctica y el diseño de situaciones de aprendizaje en museos y centros interactivos de ciencia y tecnología, ya que brinda una mirada innovadora, centrada en la interacción del aprendiz con su ambiente de manera integral. En las últimas décadas el constructivismo ha sido el paradigma dominante en la investigación sobre aprendizaje, entendiendo que el conocimiento no es algo externo a ser adquirido, sino una construcción de cada aprendiz (Li, Clark y Winchester, 2017). La cognición podría definirse, siguiendo esta postura, como “la

búsqueda de sentido que un agente realiza en un dominio de interacciones con el entorno” (Di Paolo, 2013, pág. 15). Como sostiene este autor: “El mundo es lo que nos *importa*” (página 1), haciendo referencia a la cognición como una actividad continua moldeada por la participación activa en el mundo y por la experiencia. Es decir, no se recibe información del entorno a la que luego se le agrega sentido, sino que la cognición está entramada y es inseparable de nuestro estar en el mundo.

El aprendizaje en ámbitos tanto formales como no formales puede ocurrir en cualquier situación en la que las personas pueden explorar e investigar, cuestionarse sobre su entorno y encontrar sus propias respuestas. Se despliega así como un proceso activo en el que el aprendiz construye su propio conocimiento, acomodando y asimilando el nuevo conocimiento al ya existente. Según Falk y Dierking (2010) los conocimientos que generan las personas sobre ciencia y tecnología provienen en un 95% de ámbitos extra-escolares y solo el 5% proviene de la educación formal. Por otro lado, Song et al. (2017) sostienen que los aprendices menores de 13 años pasan una media de 26 horas por semana en la escuela (en E.E.U.U.), lo que les deja una parte importante del tiempo restante para aprender en ámbitos de aprendizaje no formal. Por lo tanto, entender de qué manera las instituciones vinculadas con propuestas no formales, el ocio y el tiempo libre, tales como museos, parques, bibliotecas, clubes deportivos, etc., promueven la participación activa y el aprendizaje es de especial relevancia. Lo que suele caracterizar estas propuestas es la motivación guiada por los intereses del propio aprendiz, habilitando, en el mejor de los casos, un aprendizaje voluntario, personal, situado, colaborativo y abierto.

Las interacciones sociales tienen impacto en el aprendizaje y, en tal sentido, los museos lo promoverían en un entorno no formal (menos estructurado), que puede operar como puente con la enseñanza altamente estructurada de la educación formal. Además, este puente se vería facilitado por el diseño de las exhibiciones basadas en una comprensión más fundamentada de cómo se dan los diversos tipos de interacciones. Las características del diseño pueden influir en las interacciones de los grupos de visitantes: hoy contamos con evidencia que, para que los grupos participen de manera significativa en las exhibiciones, ésta debe tener múltiples puntos de acceso, tener en cuenta los públicos diversos, contar con una variedad de resultados posibles y el contenido debería conectarse con los conocimientos previos de los visitantes. De hecho, la investigación sobre los intercambios conversacionales que ocurren durante las visitas sostiene que este tipo de interacción podría promover la creación de significado y del aprendizaje en los museos (Alderoqui Pinus y Pozo, 2013; Andre, Durksen y Volman, 2017; Atkins et al., 2008; Eberbach y Crowley, 2017). Desde esta concepción de aprendizaje, podemos entender que la comunicación de la ciencia y la tecnología, incluyendo la que se propone en los museos y centros interactivos de ciencia y tecnología, tiene una neta intención educativa. Chong y Smith (2017) sostienen que son instituciones generadoras de educación (“*museums as educational powerhouses*”, pág. 6), cuya importancia, además, se está fortaleciendo. En efecto, la función educativa radicaría en la intención de que el aprendiz/destinatario/visitante se encuentre con ideas y fenómenos presentados desde un punto de vista distinto al propio o desde una perspectiva novedosa, o tome contacto con las visiones que se sostienen en ciencia y tecnología. La visita (física o virtual) a un centro o museo debería interpelar los conocimientos y posturas de los visitantes. Frente a lo cual nos preguntamos: ¿de qué manera se logra este diálogo

entre los saberes, entre visiones del mundo, entre culturas? ¿De qué recursos podrían disponer los centros y museos de ciencia y tecnología para interpelar a sus visitantes? Para pensar en posibles respuestas a estas preguntas, proponemos reflexionar sobre los aportes de la perspectiva multimodal y del aprendizaje corporizado.

Multimodalidad, comunicación y aprendizaje

Kress (2010), uno de los precursores de la perspectiva multimodal, sostiene que la enseñanza y el aprendizaje son instancias comunicacionales, ya que involucran los aspectos recíprocos de una relación: la potencialidad de los diferentes modos semióticos (en adelante, “modos”) permite que surja una representación novedosa, en la que la información y los significados se configuran de manera particular. Cada modo implica procesos cognitivos diversos y tiene consecuencias conceptuales y cognitivas exclusivas, pero, a su vez, la relación entre los modos disponibles brinda potencialidades específicas como producto de esa interacción. El aprendizaje, para la perspectiva multimodal, es lo que podemos observar de un proceso de construcción de sentido, en el curso del cual un aprendiz aumenta sus conocimientos no necesariamente en cantidad, sino en complejidad, utilizando los recursos disponibles. Según este enfoque, el aprendizaje es una acción transformadora de creación de signos (mediante selección, cambio de enfoque, adaptación e introducción de nuevos elementos) en la que los aprendices participan de manera activa en la reconstrucción de los signos disponibles, que operan como recursos en el contexto de aprendizaje. Y a ello debemos sumarle los intereses de los aprendices, que pueden estar influidos por el interés de los docentes, pero que nunca serán idénticos a aquellos (Kress, Jewitt, Ogborn y Tsatsarelis, 2001). Este enfoque podría facilitar el diálogo entre visiones del mundo, como pueden ser las científicas y las legas (como suele denominárselas), ya que cada visión conforma un universo de conceptos, ideas, contradicciones, conflictos, etc. O’Halloran (2012) sostiene que la multimodalidad ofrece un cambio de paradigma que amplía y equilibra el predominio del lenguaje escrito y hablado, ya que integra y combina recursos semióticos y expansiones semánticas de manera de extender los matices y las capas en los procesos de significación y resignificación. Para ejemplificar esta idea, si en un ámbito educativo se busca presentar las cuencas hidrográficas de Latinoamérica, se puede recurrir a enumerarlas y describirlas por escrito y que cada aprendiz las imagine, además de imaginar cómo serían los límites entre los países si éstos estuviesen determinados por ellas. Ahora bien, sin necesidad de gran cantidad de recursos, con una sola imagen (ver Figura 1) se pueden presentar esas cuencas hidrográficas de Latinoamérica de manera altamente descriptiva que facilita la representación de las mismas.



Figura 1. Mapa de las cuencas hidrográficas de Latinoamérica. El autor, Robert Szucs, propone pensar cómo se vería Latinoamérica si los límites de los países se establecieran por sus cuencas hidrográficas (Recomendamos ver el mapa en color en <https://www.atlasmaps.info/single-post/2017/04/28/Las-venas-del-mundo-r%C3%ADos-y-cuencas-hidrogr%C3%A1ficas>)

Dado que el aprendizaje involucra instancias de comunicación, éstas implican tanto a la semiótica como a teorías de la comunicación y de la cognición. Y como consecuencia, impacta en cómo la persona concibe y evalúa el proceso, incluyendo los recursos, modos, expectativas, intereses, motivación, etc., tanto en relación a sí mismo como de las demás personas. Lo que destaca la perspectiva multimodal es, por un lado, el papel activo de los aprendices, ya que necesariamente deben reformular la información brindada por los docentes/comunicadores/museólogos al buscar darle sentido y, por el otro lado, el aprendizaje se define como un fenómeno netamente social, ya que los sistemas de comunicación han evolucionado respondiendo a necesidades sociales (Bezemer *et al.*, 2001). Y es necesariamente activo desde el momento en que la construcción de sentido ocurre como consecuencia de elecciones que tomamos más o menos explícitamente (Lemke, 1998), según los modos y recursos disponibles tal como desarrollaremos más adelante. Según esta autora, tomamos decisiones y realizamos elecciones al dar sentido a algo o a una situación que simultáneamente se orienta a uno mismo y a los otros y al hacerlo, creamos una estructura organizada de elementos relacionados. Bamberger (2018) al referirse al papel activo del aprendiz, llama la atención sobre la importancia de no considerar como equivalentes los términos “información” y “conocimiento”. Mientras la información descansa de manera

pasiva en libros, recopilaciones hechas por terceros o porque “se accede a ella”, el conocimiento “se desarrolla de manera activa a través de la experiencia, de interpretaciones, construcciones, preguntas, fracasos y éxitos” (pág. 34).

La perspectiva multimodal busca entender y explicar los modos y sistemas semióticos disponibles y cómo se influyen entre sí, más allá del lenguaje verbal o escrito, para lograr diseños de propuesta de aprendizaje multimodal. Los modos son los diversos lenguajes que utilizamos para significar como pueden ser, además del habla y la escritura (priorizados, como ya apuntamos, en la comunicación y educación tradicionales), los gestos, los dibujos, lo audiovisual, la organización espacial, el diseño, la música, los recorridos en un museo, etc. Lo que es importante es que no solo los modos disponibles son sustanciales al analizar, por ejemplo, una situación de comunicación y/o aprendizaje, sino también las elecciones y decisiones que toman tanto quienes diseñan una propuesta como sus destinatarios (aprendices, visitantes de un museo, destinatarios de una propuesta de comunicación de la ciencia, etc.) en ese contexto particular. Es por ello que se dice que el aprendizaje es un espacio comunicacional, en el que la transmisión de conocimientos no es lineal, ni monocal canal ni unívoca, ya que, entre otras cosas, no podría explicar las diferencias en las producciones o conocimientos resultantes. La diversidad que encontramos en un grupo de aprendices es explicada, en importante medida, en términos de la variedad de recursos y modos disponibles en determinado contexto que les permite construir sentido según sus intereses, cultura, historia, etc., y que moldean las elecciones y decisiones que asumen. Así, una acción o un texto pueden entenderse como una evidencia de los procesos cognitivos involucrados, en tanto estos se conciben como procesos imbricados con el entorno, de acuerdo a lo planteado anteriormente. Es por ello que la situación contextual se vuelve determinante y sostenemos que el aprendizaje es situacional (Ackerman, 2015; Brizuela y Scheuer, 2016; Márquez, Iparraguirre y Bengtsson, 2015; Pozo, 2017). Jewitt, Kress, Ogborn y Tsatsarelis (2001) proponen tomar “lo que está ahí” (pág. 3), es decir considerar la selección, la reformulación y reconfiguración particular como resultado de un proceso activo y complejo. Y, además, esos procesos están configurados socialmente, ya que los modos y recursos han evolucionado de determinada manera, lo que enfatiza su aspecto dinámico situacional. Se explora cómo los aprendices usan los recursos habilitados tanto por los docentes como por otras fuentes (otras asignaturas, televisión, experiencias extraescolares, etc.) en la construcción de sentido y en la producción de representaciones. Estas representaciones son particulares de cada uno como aprendiz/visitante, es decir, se destaca su agencialidad. John Dewey, filósofo, educador y psicólogo estadounidense, ya en el año 1916 llamaba la atención sobre la importancia esencial de la acción y por lo tanto de proponer al aprendiz “hacer cosas”, más que “aprender algo”, porque la acción misma promueve la reflexión, provocando el aprendizaje de manera natural (Dewey, 1916/1995). Esta idea es retomada en la actualidad por las propuestas de co-creación en museos y los talleres del tipo *Tinkering*, mencionados más adelante.

Multimodalidad e interactividad en museos y centros de ciencia y tecnología

Los museos, esa creación cultural cuyos orígenes se encuentran estrechamente ligados a los valores de la Ilustración y el colonialismo (Alderoqui y Pedersoli, 2011; Lopes y Murrillo, 2005) están experimentando un auge notable a nivel mundial, principalmente los destinados a temas de ciencia, tecnología e innovación. El aumento en el número viene, además, de la mano de una renovación importante, ya que en la actualidad la mayoría de ellos (nuevos, tradicionales o antiguos y de las más variadas temáticas) incluyen en menor o mayor medida propuestas interactivas tanto físicas como virtuales (Andre *et al.*, 2017). Con el fin de crear contextos museales propicios para el aprendizaje, los profesionales de los museos, diseñadores e investigadores deberán conocer más sobre cómo ocurre el aprendizaje en dichos contextos. Para avanzar en este proceso, es necesario basarse en investigaciones previas, identificar problemas y proponer orientaciones tanto para la concepción y diseño de las exhibiciones, como para futuras investigaciones sobre el aprendizaje en museos. Esta inclusión implica pasar de una forma de comunicación unidireccional desde el museo a un público homogéneo –al que además se concibe en términos de sujetos pasivos y cuya diversidad se representa principalmente de acuerdo a sus edades y lenguas– a integrar cierta forma de dialogicidad. Ahora bien, ¿qué implican este cambio y este auge? ¿En qué consiste la interactividad que se busca integrar? ¿Cuál es su alcance y su sentido? ¿Pueden ser los centros y museos interactivos una alternativa para la comunicación eficaz de la ciencia y tecnología, sostenida principalmente por sus propuestas multimodales e interactivas? ¿Se puede explicar este auge porque apelan a una diversidad de modos para representar las ideas o fenómenos?

Entonces, deberíamos preguntarnos si es hora de dar otro peso tanto a los diversos modos y recursos como a la manera en que se potencian al operar de manera conjunta, o por lo menos, no limitarnos a priorizar la tradición logocéntrica. Es decir, el aprendizaje se considera incrustado en el proceso interactivo entre los niños y expertos, y los medios disponibles, lo que hace que el aprendizaje sea tanto dialógico como práctico.

El avance de la ciencia y la tecnología, ya desde sus comienzos, se han apoyado en diversos modos semióticos: científicos y tecnólogos imaginan relaciones, ponen a prueba ideas y elaboran conocimiento a través de representaciones visuales (Ainsworth, Prain y Tytler, 2011). Desde su nacimiento la ciencia se ha beneficiado del poder de la visualización: Galileo Galilei publicó en latín en 1610 *El Mensajero de los Astros*, considerado el primer número monográfico científico de la historia, en el que incluía dibujos de las montañas y los cráteres de la Luna vistos con el telescopio de veinte aumentos construido por él mismo y poniendo este conocimiento a disposición de los letrados de la época. Pero hay muchos otros ejemplos, como las representaciones de Faraday y Maxwell de campos magnéticos o las representaciones sobre radioactividad o nanotecnología que facilitan su comprensión, dado que son conceptos abstractos que representan fenómenos invisibles e imperceptibles para las personas a menos que cuenten con tecnologías específicas y, por lo general, muy sofisticadas. Asimismo, el recurso de lo visual, por ejemplo, no es exclusivo de la ciencia ni de la época actual. Si pensamos en el Medioevo, cuando poca gente sabía leer y escribir, las iglesias eran lugares llenos de imágenes que comunicaban la ideología

dominante (Didi-Huberman, 2017). Entonces, ¿por qué no comunicar y enseñar ciencia y tecnología valiéndose de más modos y recursos que facilitan el diálogo, la explicitación, comprensión y aprendizaje?

Un ejemplo de la potencialidad de apelar a otros modos, son los recursos que en la actualidad utilizan diversos museos para aquellas personas con necesidades especiales, como el cuadro táctil de los girasoles en el Museo Van Gogh de Amsterdam (ver Figura 2) que permite a aquellas personas no videntes o con visión disminuida, experimentarlo por medio del tacto.



Figura 2. Imagen táctil del cuadro *Girasoles* de Van Gogh. La obra original se caracteriza por su diversidad de colores, sobre todo tonos de amarillos y naranjas. En la imagen táctil las diferentes texturas permiten diferenciar la variedad de tonos y colores. Las dimensiones de la obra, sí se mantienen como la original. Museo Van Gogh, Amsterdam, Holanda (2017). Créditos: Astrid Bengtsson.

La inauguración de museos de ciencia y tecnología como el *Palais de la Decouverte* de París (Francia) en 1937 y el *Exploratorium* de San Francisco (EEUU) en 1969, marcaron un cambio en la manera de concebir la museología, ya que en lugar de poner el foco en los objetos y su conservación, lo pusieron en las ideas que presentan y la posibilidad del visitante de interactuar con los diversos módulos. Este modelo se basó en las ideas de educación progresista de John Dewey, quien sostenía que se aprende “haciendo” (Hein, 2013), como mencionamos más arriba. Tal y tan grande es el cambio generado por esos dos centros,

y muchos de los que surgieron desde entonces, que dejaron incluso de llamarse *Museos*, a pesar de que igualmente suelen clasificarse como tales. La discusión, según Friedman (2010), es *cuánto y cómo* se diferencian estos nuevos museos de los tradicionales, a través del abanico de opciones que permitirían unir información, educación y diversión, con, por ejemplo, propuestas audiovisuales, animaciones, simulaciones, realidad aumentada, juegos, etc.; que habilitan diversos de modos semióticos. Parafraseando a Friedman, la importancia radicaría en cuánto y cómo ofrecen posibilidades de aumentar y complejizar el conocimiento de los visitantes, ya que como sostiene Murriello (2016, pág. 144), el “*modelo Exploratorium*” empieza a agotarse. Esta autora sostiene también que los museos en la actualidad deberían ir más allá como “lugares donde empoderar a sus visitantes más que reducirlos a entretenidos espectadores” (2017, pág. 167).

Una de las primeras características de los museos interactivos es el lugar central que se da a los visitantes y a su actividad, permitiéndoles cierto grado de elección y control sobre el fluir de la información y con ello brindando oportunidades para asumir distintos niveles de agencialidad, es decir pasando de un foco en el contenido a un foco en el visitante, tal como se puede apreciar en las Figuras 3, 4 y 5. Dienes y Perner (1999) plantean un modelo de tres componentes caracterizados por una explicitación progresiva, desde un conocimiento implícito a uno explícito. En el inicio el componente básico de la explicitación es el objeto (a qué se refiere una representación), a partir del cual se avanzaría hacia la explicitación de una actitud epistémica sobre ese objeto (si y cuánto conozco acerca de ese objeto, con qué nivel de certidumbre o incertidumbre, etc.), para llegar en algunos casos a explicitar aspectos de la identidad cognitiva o la agencialidad, entendida como el posicionamiento explícito de un aprendiz hacia los objetos y las conexiones significativas que puede establecer¹. Entendemos que considerar estos diferentes alcances en el proceso de explicitación (si atañe solo al contenido, o involucra aspectos más profundos e integrales de los procesos y dinámica de quien conoce) nos ayuda a entender por qué no todas las propuestas museales interactivas son iguales ni habilitan el conocimiento y la agencialidad de igual manera, ni tienen el mismo potencial para promover el aprendizaje:

La nueva generación de museos y centros de ciencia, no serán museos sino instituciones más amplias en las que las ciencias, las artes y las humanidades estarán interrelacionadas en la exploración de las preguntas vitales sobre el universo y sus habitantes (Friedman, 2010, pág. 51, la traducción es nuestra).

Y este punto nos parece central a la hora de pensar el auge y éxito actual de los centros y museos de ciencia y tecnología y su relación con el aprendizaje. A diferencia de la enseñanza formal de ciencia y tecnología, ofrecen y permiten el despliegue de una amplia gama de recursos y maneras de participación. Lo que queremos decir, es que más allá de si ofrecen o no una oportunidad para el aprendizaje o el aumento de conocimientos, ya el cambio radical en la oferta y variedad de modos y recursos, así como el eje en la actividad del visitante, los hace sumamente atractivos y exitosos (midiendo el éxito de un museo de la manera tradicional –y bastante cuestionada– según el número de visitantes por día/mes/año). Y creemos que esta oferta de recursos multimodales disponibles explicaría en parte del auge al que nos referíamos antes, por lo menos para un sector de la sociedad.



Figura 3.



Figura 4.



Figura 5.

Figura 3. Pinturas Rupestres. Espacio estenografiado de aprox. 3 mts. de altura que simula cuevas encontradas en diversas zonas de Argentina. El objetivo es que se vivencie la manera de trabajar de profesionales de la Arqueología. Exhibición de CONICET en el predio de Tecnópolis, Pcia. Buenos Aires (2018). Créditos: Bernadette Saunier Ribori.

Figura 4. Medición de pH -medir la acidez o basicidad de una solución usando repollo colorado como indicador. Se busca mostrar cómo se puede saber el valor de acidez de diferentes soluciones con métodos estandarizados (pH) a través del uso de elementos de uso cotidiano. Exhibición de CONICET en el predio de Tecnópolis, Pcia. Buenos Aires (2018). Créditos: Bernadette Saunier Ribori.

Figura 5. Invitación al armado de circuitos para lanzamiento de canicas, utilizando diferentes recursos (ángulos, pendientes) y materiales (tubos rugosos, tubos de plástico, tubos lisos, poleas, embudos) Exhibición de CONICET en el predio de Tecnópolis, Pcia. Buenos Aires (2018). Créditos: Bernadette Saunier Ribori.

Sin embargo, más allá de la novedad, diversión y estímulos que buscan ofrecer en muchas de estas instituciones, la interactividad en los museos y centros parece una gran alternativa para el aprendizaje y la comunicación en general, y de la ciencia y la tecnología en particular (Falk y Dierking, 2010), por ofrecer experiencias memorables, multimodales y multisensoriales, como ya dijimos. Y en algunos, incluso la posibilidad de reorganizar los conocimientos propios. También suelen proponer una interesante variedad de elecciones en experiencias auto-guiadas (sin forzar al visitante a hacer algo que no tiene ganas o no es atractivo como sucede a veces en la educación formal), sin restricciones curriculares, sin exámenes ni obligaciones (Allen, 2004). Pero justamente esas características los vuelven contextos sumamente complejos, porque los visitantes tienen libertad completa de seguir sus intereses, según las restricciones propias de cada propuesta. Ackerman (2015) nos recuerda lo que en 1907 proponía John Dewey, quien ya entonces advirtió sobre la necesidad de integrar en la educación la vida cotidiana y la experiencia diaria de las personas, así como la escuela con los museos (llegando a plantear la necesidad de incluir como práctica educativa formal, una visita semanal al museo). Dewey (1907) en su famosa conferencia “El despilfarro en la educación” llama la atención sobre la pérdida que se da en la escuela al no utilizar las experiencias extraescolares de los aprendices, así como el hecho de que se exige a los alumnos que dejen esas experiencias de las puertas para afuera de la escuela, según una postura ilusoria que asume una mente abstracta, arbitraria y amodal (Poza, 2017). Asimismo, la interrelación propuesta entre los diversos lenguajes podría ser otro factor para explicar el éxito de este tipo de institución. La multimodalidad entiende que la representación y la comunicación tienen lugar a través de una multiplicidad de modos y que todos tienen la potencialidad de producir sentido y que, además, la interrelación entre ellos, refuerza esa producción y la potencian de manera particular. Los diversos modos implican un complejo entrelazamiento de la palabra, la imagen, el gesto y el movimiento, y el sonido, incluido el habla. Estos pueden ser combinados de diferentes maneras y presentados a través de una variedad de medios. Algo que queda claro a partir de los resultados de recientes estudios acerca del comportamiento de los visitantes, es que los centros y museos interactivos tienen mucho éxito con públicos de todas las edades, siendo los de ciencia, pioneros en esta propuesta museal. El *Exploratorium*, por ejemplo, se basó explícitamente en contribuciones de la psicología del aprendizaje, la comprensión y del desarrollo cognitivo, particularmente según los aportes de Dewey y Piaget. En el primer caso, por el papel central que da a la actividad, “ofreciendo un contexto en los que se desarrolla el aprendizaje como función de la tensión generativa entre la acción y el símbolo” (Bamberger, 2018, pág. 35). De Piaget se tomó la idea de presentar experiencias problemáticas que generan un desequilibrio, fomentando así el cambio de los esquemas previos. Como resultado de ello, este centro interactivo inició una modalidad de co-creación con los visitantes a través de talleres, cuya idea luego fue tomada por muchos museos, no solo de ciencia y tecnología. Esta modalidad se denomina *Tinkering*, y es un enfoque muy utilizado en los entornos de aprendizaje no formal para involucrar a las personas con el aprendizaje de lo que en la bibliografía se denomina “*STEM*” (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés). La singularidad del *Tinkering* es su metodología basada en la idea de prácticas centradas en la actividad de los visitantes y caracterizada por la indagación y la exploración con el fin de promover el pensamiento crítico, la crea-

tividad, la colaboración, resolución de problemas, la comunicación, la responsabilidad, autoconfianza, alfabetización tecnológica y digital y actitud emprendedora (Figuras 6, 7 y 8). En una actividad de *Tinkering* en museos y centros interactivos de ciencia y tecnología se presentan herramientas y materiales de uso diario y se fomenta la exploración de los fenómenos vinculados a *STEM* a través incentivar la creación de algo nuevo (<http://www.museosciencia.org/tinkering-eu2/tinkering.asp>). Otro aspecto del *Tinkering* es que puede ser aprovechado por museólogos y diseñadores para obtener información de primera mano sobre intereses, tipos de manipulación, etc. que luego puede utilizarse a la hora de concebir y diseñar los diversos módulos interactivos.



Figura 6 (arriba).

Tinkering- Museo Nazionale Scienza e Tecnologia “Leonardo da Vinci”, Italia. Créditos: museosciencia.org

Figura 7 (centro).

Tinkering-Museo Nazionale Scienza e Tecnologia “Leonardo da Vinci”, Italia. Créditos: museosciencia.org

Figura 8 (abajo).

Tinkering-Museo Nazionale Scienza e Tecnologia “Leonardo da Vinci”, Italia. Créditos: museosciencia.org

Y en esto queremos llamar la atención en la importancia de cómo se conciben la comunicación y el aprendizaje. Brindar al visitante la posibilidad de participar de manera activa y habilitar un gran abanico de recursos que le permitan un acercamiento a temas de ciencia y tecnología que no suelen estar disponibles en ámbitos formales, no es suficiente. El museo o centro interactivo ofrecería la ventaja de estar ubicado entre lo que se identifica como aprendizaje formal y aprendizaje informal y podría considerarse como un espacio ideal para organizar el aprendizaje de manera menos formalizada, recuperando fluidez y sentido, característicos del aprendizaje informal combinándolo con procesos de explicitación más característicos del aprendizaje formal. Y esto podría lograrse porque no propondría separar el funcionamiento de la mente implícita y de la mente explícita, sino integrarlas y porque la organización de las propuestas de este tipo de centros y museos suelen ser multimodales y multisensoriales, en lugar de logocéntricas. Suponemos que los aportes del enactivismo en este sentido tendrán un impacto importante en un futuro. Por estas características, además, los museos son instituciones que promueven al aprendizaje a lo largo de toda la vida (Bazerman, 2014). Por otro lado, la corporización (*embodiment*), el placer y lo lúdico, son centrales en las propuestas interactivas, características tan poco presentes y poco valoradas en el aprendizaje formal tradicional. Según lo planteado por Pozo (2014; 2017), la distinción entre los componentes implícitos y explícitos del aprendizaje no es de todo-o-nada, sino que admite varios niveles de explicitación. En las situaciones intencionalmente diseñadas o socialmente organizadas para el aprendizaje también hay aprendizajes implícitos:

Pero en todo caso, podemos pensar que las formas en que se organizan esos espacios sociales de aprendizaje tienden a promover diferentes procesos de aprendizaje en función de la mente en que se apoyan –episódica, mimética, simbólica o teórica (Pozo, 2017, pág. 388).

Las propuestas interactivas basadas en una visión constructivista, caracterizadas por la reformulación y reorganización de los conocimientos promovidos por la nueva información, suscitarían aprendizajes en función de esas distintas “mentes” o formas de funcionamiento cognitivo, ya que permitirían una interacción entre todas ellas. Además, en muchos casos proponen una forma de participación encarnada, embebida, enactiva y situada, considerada fundamental para que el aprendizaje ocurra (Pozo, 2017). También, se sugiere que estas propuestas deberían estar a cargo de gestores de conocimiento que sean capaces, no solo de acumular conocimientos teóricos, sino de pensar en lo que los destinatarios saben para generar visitantes reflexivos que se apoyen no solo en procesos de ajuste sino también de reestructuración a través de la reconstrucción experiencial de su propia práctica. Se promueve entonces que la visita a un centro o museo interactivo de ciencia y tecnología sea una experiencia personal única, construida por las conexiones y experiencias que se habilitan o surgen a partir de la visita.

¿Interactividad como una oportunidad para la enacción?

Ante la oferta interactiva de los centros y museos, tanto física como virtual, cabe reflexionar sobre qué tipo de interactividad ofrecen. Podemos hablar de distintos niveles de interacción, enraizados en concepciones acerca del aprendizaje, la acción (enacción²), sobre la naturaleza del conocimiento y sus fuentes, etc. Así, hablamos de “interacción conceptual” entendiendo que cuando hay interacción concebida de manera constructiva y multimodal se pone en juego todo el sistema de conocimiento de un sujeto (en sentido amplio, ya que entendemos que el sujeto interviene en cada situación con sus conocimientos implícitos, explícitos, emociones, su cultura, su situación particular de ese momento y ese lugar, contexto histórico, red de relaciones con el entorno y con su grupo de pertenencia, por nombrar solo algunos de los factores que intervienen, y que hacen que cada sujeto le dé sentido de manera particular). Es decir, podríamos pensar en que la interacción conceptual es una oportunidad para la enacción, ya que el enactivismo como teoría de la cognición (Varela *et al.*, 1991) propone el estudio de la vida, la mente y lo social y postula la experiencia consciente en la que conocer es participar (De Jaegher, Di Paolo y Adolphs, 2016; Di Paolo, 2013). Nada más ni nada menos. Estos autores argumentan que la interacción y la cognición corporizada son parte constitutiva de la cognición social.

La postura enactivista es altamente superadora a las propuestas en las que solamente se pretende que el sujeto presione un botón o haga girar una manivela para iniciar una representación de una idea o fenómeno, pero sin interpelar al visitante/aprendiz. Chong y Smith (2017) describen tres categorías de interactividad: baja, moderada y alta. Para ello, diferencian interactividad de multimedia. Interactividad en este contexto es entendida como la acción recíproca entre un aprendiz y la información, mediada por un contexto comunicacional y educativo. Por su parte, multimedia es la presentación de la información de una manera particular que combina palabras –escritas o dichas– con imágenes –estáticas o animadas–, pero también puede combinarse con otros lenguajes como el sonoro u otros. Según esta clasificación, ver un video sería considerada una interactividad de nivel bajo, ya que sólo me permite avanzar, detenerlo, pausarlo o retrocederlo. En cambio, una interactividad de alto nivel caracterizaría aquellas propuestas abiertas, donde la información no está predeterminada o predefinida, sino que se termina de co-construir con el visitante, permitiéndole varios recorridos posibles, según sus intereses, conocimientos, motivación, etc., por lo que cada experiencia sería irrepetible y particular de ese momento, ese lugar y esa persona. Asimismo, estos autores llaman la atención sobre el hecho de que no necesariamente un tipo de interactividad es mejor que otra, sino que dependerá de la temática y la profundidad con la que se la quiere presentar, del tipo de interés del visitante, conocimiento, dominio y contexto. Sostienen que para motivar la reestructuración conceptual, lo mejor es ofrecer porciones pequeñas, lo que llaman “bocados de conocimiento”, que pueden suscitar distintos niveles de interactividad o una combinación de ellos, para no saturar el sistema cognitivo. Frente al flujo, accesibilidad y dinamismo de la información, Chong y Smith sostienen que la demanda hoy en día responde a una “necesidad de saber” más que “placer por conocer”. Frente a esta situación, para integrar las formas de interactividad, los conceptos deberían estructurarse en pequeñas porciones (*bite-size concepts*), tanto por una cuestión pragmática como pedagógica. Pragmática

porque al ser presentada en pequeños segmentos con sentido, facilita el procesamiento de esos conceptos. Y por una cuestión pedagógica, los conceptos presentados de esta manera, permitirían relacionarlos con una pregunta concreta, motivando a que los visitantes investiguen o busquen más información que amplíe su experiencia. En el diseño de propuestas interactivas, el nivel de interactividad dependerá tanto del visitante como del contenido y del espacio. Un uso excesivo e innecesario de un nivel alto de interactividad podría inhibir el aprendizaje por la enorme demanda cognitiva que podría demandarle al sortear las complejas interfaces y estructuras. Este tipo de diseño permitiría que las propuestas interactivas respondan mejor a la diversidad de intereses según edad, contextos, etc. Así, por ejemplo, estos autores recomiendan combinar tanto gráficos animados como gráficos estáticos, ya que son útiles de diversas formas, además de operar de distinta manera. Sostienen que los gráficos animados (simulaciones, animaciones, juegos) típicamente son útiles cuando están destinados a novatos, ya que permiten visualizar ideas abstractas o fenómenos dinámicos difíciles de observar de otra manera, como los desplazamientos de las placas tectónicas, la circulación sanguínea o la física nuclear.

En línea con lo que venimos sosteniendo, la manera de pensar las exhibiciones y la concepción de los centros y museos de ciencia y tecnología, así como el diseño de sus módulos o propuestas deberían ser multimodales y constructivos para poder cumplir con el objetivo de promover aprendizaje y cambio personal. Asimismo, sugerimos llevarlas a cabo de manera interdisciplinaria, integrando los diversos puntos de vista de las disciplinas y profesiones involucradas, así como los distintos modos y los tipos de interacción de manera que sean una oportunidad para la enacción. Aquí nos referimos tanto a la interdisciplinariedad necesaria para el diseño de módulos y exhibiciones, como a la necesidad de concebirlas de manera de establecer una manera de co-creación con los visitantes, tal como hemos referido e ilustrado más arriba.

¿Qué pueden aportar estas teorías al abordar las propuestas de comunicación y aprendizaje en exhibiciones, centros y museos de ciencia y tecnología? Una propuesta museal que podría servir de ejemplo de esta línea es el Museo Taller Ferrowhite de la ciudad de Ingeniero White, vecina a Bahía Blanca, Argentina, que ofrece aprovechar las herramientas y útiles recuperados tras la privatización y desguace de los ferrocarriles argentinos en la década de los 90. A través de una modalidad interactiva, se busca que el visitante conozca cómo se utilizaban esos objetos, de qué modo se organizaba el trabajo en el que se los empleaba y, sobre todo, cómo era la vida de quienes los usaban. Para ello, quienes relatan y acompañan el recorrido son los propios ferroviarios que trabajaban en aquella época.

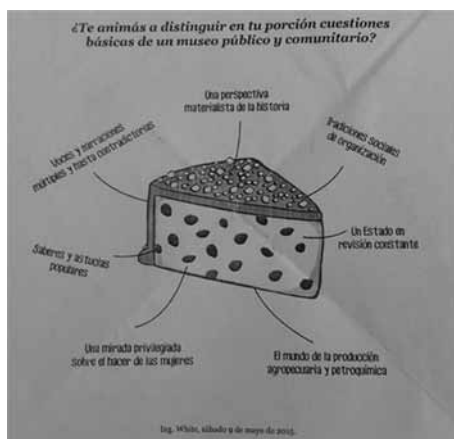
Cada voz trae una experiencia de vida y va tramando con las otras una compleja red que, podría pensarse, es el retrato vivo que una comunidad hace de sí misma. Tras las grandes transformaciones económicas de las últimas décadas, sin embargo, la propia idea de comunidad se ha vuelto también una especie de rompecabezas. Por eso Ferrowhite adquiere la dinámica de un taller, y se propone como un lugar de encuentro y de puesta en circulación de las voces y el hacer de los trabajadores. Cuadernos, volantes, remeras, videos, maquetas, almuerzos y obras de teatro intentan la apertura de un espacio de construcción de la historia y la acción común (<http://ferrowhite.bahiablanca.gov.ar>) (ver Figura 9).

Como proclama su folleto, *el museo empieza afuera* y con eso deja bien claro su concepción de museo comunitario, inserto en su comunidad, que es lo que proponen como tema de diálogo (ver Figura 9). Lo interesante es no solo su propuesta dialogal, sino que pone en el centro la cultura (incluyendo la ciencia y la tecnología) y a las personas que viven en esa comunidad. Las investigaciones en comunicación pública de la ciencia y la tecnología sostienen que la manera eficaz de comunicación es aquella que promueve el diálogo, el debate y la discusión (Cortassa, 2016; Miller, 2001).



Figura 9. Ferrowhite, Ingeniero White, Provincia de Buenos Aires

A pocos metros del Museo Taller Ferrowhite encontramos otro ejemplo de un espacio que propone un diálogo permanente y promueve una visita activa y participativa, es el Museo del Puerto: museo comunitario que nació como iniciativa de un grupo de vecinos, buscando registrar, promover, elaborar y trabajar con el patrimonio natural y cultural del pueblo a través de relatos orales, fiestas, instalaciones y espectáculos, a través del lugar central que da a la cocina, lugar de encuentro de los pobladores de Ingeniero White (ver Figuras 10 y 11). (<http://ingenierowhite.com/museo-del-puerto/>)



Figuras 10 y 11. Museo del Puerto, Ingeniero White, Provincia De Buenos Aires.

A modo de reflexión final

Por lo expuesto hasta aquí, el auge de los centros y museos interactivos de ciencia y tecnología podría explicarse en parte por su abanico de propuestas multimodales que habilitan que el visitante, según sus intereses y motivaciones, construya una variedad de representaciones particulares.

Si bien creemos que no todos los centros y museos interactivos de ciencia y tecnología ofrecen iguales oportunidades para que los visitantes aumenten y reformulen sus conocimientos, ya que algunos tienen una visión más limitada de la interactividad (al ofrecer solo un nivel bajo de interactividad casi sin variedad), el diseño participativo, enactivo y multimodal, habilitarían al visitante a tomar un papel central y activo. Planteamos que esa oportunidad, poco común en otros contextos más formales o sustentados por con-

cepciones más tradicionales, hace que el visitante se sienta agente de su visita. Asimismo, esto tiene que ver con la oportunidad que brindarían estos centros y museos de ciencias y tecnologías de superar las restricciones de una concepción de la mente como procesadora abstracta, arbitraria y amodal de información, supuestamente no “contaminada” por el contexto, ni por las emociones. Los enfoques multimodal y de la enacción brindan valiosas claves para superar esa concepción restrictiva y distorsionada de la mente y, por lo tanto, del aprendizaje y de la comunicación pública en el ámbito de la ciencia y la tecnología. Otro aspecto sobre el que nos parece importante reflexionar es que, como decíamos al principio, algunos autores hablan de la paradoja de la educación. En la actualidad disponemos de una miríada de recursos y soportes disponibles para la construcción de significados. Sin embargo, algunas de las voces que sostienen que cada vez se aprende menos, se lee menos, se escribe peor, podrían estar analizando la situación desde una perspectiva tradicional. Desde otra perspectiva se sostiene, por el contrario, que hoy en día se lee y se escribe en mayor cantidad y variedad que en otras épocas, sobre todo los jóvenes que suelen ser el centro de estas críticas. Los avances tecnológicos (como la telefonía móvil) y las redes sociales, son elementos significativos en la vida diaria de las personas, sobre todo para aquellos que han nacido en las últimas décadas. Se estima que quienes usan redes sociales como Twitter, Facebook o Instagram son millones y millones de personas en el mundo y que las utilizan para interactuar y comunicarse tanto en prácticas y actividades formales como informales (Adami y Jewitt, 2016). Podemos considerar que allí donde una postura tradicional encuentra una carencia, para otros, por el contrario, es un despliegue de enorme riqueza (de modos, de recursos, de potencialidades, de oportunidades). También puede ocurrir que una persona que no sea muy hábil en la lectura de un texto escrito, sí lo sea en otros modos que habilitan otras lecturas como puede ser del lenguaje corporal, determinados sonidos o propuestas audiovisuales. En ese sentido, tal y como proponen Chong y Smith (2017), una variedad de propuestas interactivas con diversos niveles, puede ofrecer diversos recursos según los intereses, edad, cultura, acceso, etc. En este caso, alguien muy arraigado en posturas tradicionales logocéntricas, podría considerarse como con cierto analfabetismo, ya que podría no ser tan hábil a la hora de enfrentarse a otros “textos”. Es por ello que las instituciones, tanto formales como no formales, deberían necesariamente revisar las dimensiones, concepciones y procesos que se ponen en juego en prácticas e investigación psicoeducativas para que apunten y tengan en cuenta las nuevas alfabetizaciones (Scheuer y Pozo, 2006).

Para concluir, sería de esperar de los centros y museos de ciencia y tecnología sirvan de medio para la co-construcción del conocimiento, permitiendo el debate, la discusión y el diálogo. Para ello, deberían basarse en la experiencia de los visitantes, la comunidad donde están insertos, en la relación con las instituciones formales permitiendo abrir fronteras entre los espacios y lugares en los que participan las personas. Asimismo, contar con diseños flexibles de manera de promover el dinamismo de los conocimientos y su circulación, asumiendo que la propuesta museal interactiva y multimodal deberá suscitar el posicionamiento del visitante como aprendiz permanente, el que llega con un bagaje de emociones, conocimientos, historia, experiencias, etc. Al igual que los diseñadores, curadores, museólogos, docentes, quienes en este intercambio respetuoso construirán el conocimiento en conjunto con los visitantes.

Es decir, la propuesta museal, sus modos y recursos, cómo está concebida y el lugar que da al visitante serían factores más determinantes que la novedad, la tecnología disponible o el diseño de los módulos interactivos. Con esto queremos decir que hay que priorizar que la propuesta sea multimodal, enactiva y constructiva antes que contar con los últimos avances de la tecnología o sólo quedarse en un diseño moderno. Para ello, la verdadera innovación está en conocer mejor los diversos públicos visitantes, incluso los que no los visitarían: “la verdadera renovación de estos espacios no pasa por la modernización de los lenguajes o dispositivos, sino por la perspectiva comunicativa y educativa desde que se conciben y dirigen” (Murriello, 2016, p. 54).

Los centros y museos interactivos de ciencia y tecnología, deberían priorizar, según lo expuesto hasta ahora, aquellas propuestas que apuntan a una interactividad conceptual, que habiliten la co-construcción del conocimiento, a partir del diálogo entre el conocimiento/propuesta que se quiere compartir desde la institución con el bagaje encarnado, enactivo, encajado y extendido, las EEEE mencionadas por Pozo (2017) del visitante que transformaría cada experiencia en única e irrepetible y que brinden oportunidades de aumentar, explicitar y complejizar los conocimientos. Propuestas que, además, ubiquen a la ciencia y la tecnología en su dimensión cultural y en el impacto que tienen en la vida de las personas y en cada comunidad.

Agradecimientos

La autora agradece al equipo de investigación IDEAyCO del IPEHCS (Universidad Nacional del Comahue-Conicet) por los aportes críticos a esta reflexión, al Centro Atómico Bariloche y a Bernadette Saunier Ribori por su contribución con ejemplos de muestra de ciencia y tecnología, Tecnópolis.

La autora integra el proyecto C-130 de la Universidad Nacional del Comahue.

Notas

1. Para profundizar en este tema sugerimos la lectura del artículo de J. I. Pozo (2017).
2. El término “enacción” es una traducción del verbo inglés *to enact* (accionar, acción del organismo en el mundo). “El cuerpo vivo crea un mundo de significados en su ser y su accionar” (Di Paolo, 2013), es decir, pensamiento y cognición están ancladas en las acciones corporales.

Referencias

- Ackerman, E. K. (2015). Give a place to stand and I will move the world! Life-long learning in the digital age/ Dadme un punto de apoyo y moveré el mundo: el aprendizaje permanente en la era digital, *Infancia y Aprendizaje*, 38:4, 689-717, DOI: 10.1080/02103702.2015.1076265

- Adami, E. y Jewitt, C. (2016). Special Issue: Social media and the visual. *Visual Communication*. Vol. 15, Nr. 3.
- Ainsworth, S.; Prain, V. y Tytler, R. (2011) Drawing to Learn Science. *Science*, Vol. 333, pag. 1096.
- Alderoqui, S. y Pedersoli, C. (2011) *La educación en los museos. De los objetos a los visitantes*. Buenos Aires: Paidós.
- Alderoqui Pinus, D. y Pozo, J. I. (2013). Epistemic actions in Science Museums: Families Interacting with the Mirror Room Exhibit. *Revista de Psicodidáctica*, 18:2, pp. 275-292.
- Allen, S. (2004) Desings for Learning: Studying Science Museum Exhibits That Do More Than Entertain. Publicado on-line en *Wiley InterScience* (www.interscience.wiley.com)
- Andre, L.; Durksen, T. y Volman, M. (2017) Museums as avenues of learning for children: a decade of research. *Learning Environments Research*, 20:1, pp. 47-76
- Atkins, L. J.; Velez, L.; Goudy, D. y Dunbar K.N. (2008) The Unintended Effects of Interactive Objects and Labels in the Science Museum, *Science Education*, 93, pp. 161-184. Recuperado el 7/2/2018 en: <http://www.utsc.utoronto.ca/~dunbarlab/pubpdfs/4300636422417556957.pdf>
- Bamberger, J. (2018) Action knowledge and symbolic knowledge. The computer as mediator / Conocimiento basado en la acción y conocimiento simbólico. El equipo informático como mediador. *Infancia y Aprendizaje*, Vol. 41, Nr. 1, pp. 13-55.
- Bazerman, C. (2014). Understanding the Lifelong Journey of Writing Development / Comprendiendo un viaje que dura toda la vida: la evolución de la escritura. *Infancia y Aprendizaje*, 36(4), 421-441.
- Bezemer, J.; Diamantopoulou, S.; Jewit, C.; Kress, G. y Mavers, D. (2012). Using a Social Semiotic Approach to Multimodality: Researching Learning in Schools, Museums and Hospitals. *National Centre for Research Methods Working Paper*. Recuperado el 9/2/2018 de: http://eprints.ncrm.ac.uk/2258/4/NCRM_working_paper_0112.pdf
- Brizuela, B. y Scheuer, N. (2016) Investigating cognitive change as a dynamic process / Investigar el cambio cognitivo como proceso dinámico, *Infancia y Aprendizaje*, 39:4, pp. 627-660. DOI: 10.1080/02103702.2016.1223710
- Chong, C. y Smith, D. (2017) Interactive Learning Units on Museums Websites. *Journal of Museum Education*. Vol. 42, 2. Pp. 169-178
- De Jaegher, H.; Di Paolo, E. y Adolphs, R. (2016) What does the Interactive Brain Hypothesis mean for Social Neuroscience? A dialogue. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 371. Recuperado el 5/2/2108 en: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2015.0379>
- Cortassa, C. (2016) In science communication, why does the idea of a public deficit always return? The eternal recurrence of the public deficit. *Public Understanding of Science* Vol. 25 (4), pp. 447-459.
- Dewey, J. (1916) *Democracy and Education. An Introduction to the Philosophy of Education*. Nueva York: Macmillan. Versión en castellano: *Democracia y Educación*. Primera edición, 1995. Madrid: Morata.
- Didi-Huberman, G. (2017) El poder de las imágenes. La noche de la filosofía, Centro Cultural Kirchner, Buenos Aires. *Canal Encuentro*. Recuperado el 9/2/2018 en: https://www.youtube.com/watch?v=6m22_w19udk

- Di Paolo, E. (2013) A. El enactivismo y la naturalización de la mente. En D.P Chico y M. G. Bedia, *Nueva ciencia cognitiva: Hacia una teoría integral de la mente*. Madrid: Plaza y Yanez Editores.
- Eberbach, C. y Crowley, K. (2017). From Seeing to Observing: How Parents and Children learn to see Science in a Botanical Garden. *Journal of the Learning Science*, 26:4, pp. 608-642. DOI: DOI: 10.1080/10508406.2017.1308867
- Falk, J.H. y Dierking, L. D. (2010) The 95 Percent Solution: School is not where most Americans learn most of their science. *American Scientist*, Vol. 98, pp. 486-493.
- Friedman, A. J. (2010). The evolution of the science museum. *Physics Today*, pp. 45-51.
- Hein, G. (2013) Progressive Museum Education: Examples from the 1960s. *International Journal of Progressive Education*, 9 (2), pp. 61-76
- Holton, D. L. (2010) Constructivism + Embodied Cognition= Enactivism: Theoretical and Practical Implications for Conceptual Change. *AERA 2010 Conference*. Recuperado el 27/7/2015 en: <https://www.academia.edu/232847/>
- Jewitt, C.; Kress, G.; Ogborn, J. y Tsatsarelis, Ch. (2001) Exploring Learning Through Visual Actional and Linguistic Communication: the multimodal environment of a science classroom. *Educational Review*, Vol. 53, Nr. 1, pp. 5-18.
- Kress, G.; Jewitt, C.; Ogborn, J. y Tsatsarelis, Ch. (2001) *Multimodal teaching and learning. The rhetorics of the science classroom*. Londres: Continuum.
- Lemke, J. (1998) Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. En J. R. Martin y R. Veel (Eds.) *Reading Science: functional perspectives on discourses of science*. Londres: Routledge.
- Li, Q.; Clark, B. y Winchester, I. (2017) Instructional design and technology grounded in enactivism: A paradigm shift? *British Journal of Educational Technology*, 41: 3, pp. 403-419.
- Lopes, M. M. y Murriello, S. (2005) Ciências e educação em museos no final do século XIX. *Ciências, Saúde-Manguinhos*, Vol. 12 (suplemento), p. 13-30.
- Magalhães, C.M. y Santiago Araujo, V. L. (2012) Metodología para elaboración de audiodescripciones para museos basada en semiótica social e multimodalidade: introdução teórica e prática. *Revista Latinoamericana de Estudios del Discurso*. Vol. 12 (1), pp. 31-55.
- Márquez, M. S.; Iparraguirre, M.S. y Bengtsson, A.M. (2015) Un recorrido por el aprendizaje de la escritura desde una perspectiva evolutiva-educativa y semiótica. *Interdisciplinaria*, 32:1, pp. 151-168.
- Miller, S. (2001) Public understanding of science at the crossroads. *Public Understanding of Science*. Vol. 10 (1), pp.115-120.
- Murriello, S. (2018). Museos de ciencia y tecnología: ¿problematizar o divertir? En Gasparri, E. y Casasola, M. S. (Comp.) *Ocho lupas sobre la comunicación de la ciencia*. UNR Editora: Rosario.
- Murriello, S. (2016) Museos Siglo XXI. Espacios de encuentro. *Desde la Patagonia Difundiendo Saberes*. Vol. 13, Nr. 21, pp. 54-57.
- O'Halloran, K. (2012) Análisis del discurso multimodal. *Revista Latinoamericana de estudios del Discurso*, 12 (1), p.75.
- Pozo, J.I. (2014) *Psicología del Aprendizaje Humano. Adquisición de conocimiento y cambio personal*. Morata: Madrid.

- Pozo, J. I. (2016) *Aprender en tiempos revueltos. La nueva ciencia del aprendizaje*. Madrid: Alianza Editorial.
- Pozo (2017) Learning beyond the body: from embodied representations to explicitation mediated by external representations / Aprender más allá del cuerpo: de las representaciones encarnadas a la explicitación mediada por representaciones externas, *Infancia y Aprendizaje*, 40:2, 219-276.
- Scheuer, N. y Pozo, J. I. (2006) ¿Qué cambia en las teorías implícitas sobre el aprendizaje y la enseñanza? Dimensiones y procesos del cambio representacional. En J. I. Pozo, N. Scheuer, M. d P. Pérez Echeverría, M. Mateos, E. Martín y M. de la Cruz (Eds.) *Nuevas Formas de Pensar la Enseñanza y el Aprendizaje. Las concepciones de profesores y alumnos*. Barcelona: Graó.
- Song, L.; Michnick Golinkoff, R.; Stuehling, A.; Resnick, I.; Mahajan, N.; Hirsh-Pasek, K. y Thompson, N. (2017). Parents' and Experts' awareness of learning opportunities in children's museum exhibits. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 49, 35-49.
- Szucs, R. (2017). Las venas del mundo. *Atlas Maps*. Recuperado el 21/12/2017 en: <https://www.atlasmaps.info/single-post/2017/04/28/Las-venas-del-mundo-r%C3%ADos-y-cuencas-hidrogr%C3%A1ficas>.
- The Royal Society (1985). *The Public Understanding of Science*. Recuperado el 24/8/2010 en: https://royalsociety.org/~media/Royal_Society_Content/policy/publications/1985/10700.pdf
- Varela, F. J.; Thomson, E. y Rosch, E. (1991) *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. Cambridge: The MIT Press.

Abstract: The multimodal approach focuses on how people give meaning to the world around them through the various semiotic modes and available resources, and that is why this approach is especially interesting when thinking about learning -in general- and communicating science and technology -in particular-. As a theoretical perspective, it analyzes the interaction between resources and socially organized semiotic modes to which people appeal in meaning making, such as writing, image, sound, gaze, tone of voice, gestures, 3D shapes, etc. This approach also considers the influence of various media (such as digital or analog), creating a particular context of meaning in a particular descriptive and analytical domain. On the other hand, for more than three decades it has been argued that museums and science and technology centers are among the best proposals for scientific communication, given their interactive and participative offer.

In this work we propose a reflection about the potential of these museums and centers, specifically the interactive ones, analyzing their contributions to approaches such as multimodality and embodied learning.

Key words: Museums - science - interactivity - multimodality.

Resumo: A abordagem multimodal se concentra em como as pessoas dão sentido ao mundo ao seu redor através dos vários modos semióticos e recursos disponíveis, e é por isso que essa abordagem é de especial interesse quando se trata de pensar sobre a aprendizagem em geral e a comunicação da ciência e tecnologia em particular. Como perspectiva teórica, analisa a interação entre recursos e modos semióticos socialmente organizados aos quais as pessoas apelam na construção de significados, como a escrita, imagem, som, olhar, tom de voz, gestos, formas 3D, etc., bem como a influência de várias mídias (como digital ou analógica), criando um contexto específico de significado em um domínio descritivo e analítico específico. Por outro lado, há mais de três décadas, argumenta-se que museus e centros de ciência e tecnologia estão entre as melhores propostas de comunicação científica, devido à sua oferta participativa e interativa. Eles também se destacam como espaços multimodais.

Neste trabalho propomos uma reflexão sobre o potencial desses museus e centros, principalmente os interativos, analisando-os a partir das contribuições de abordagens como a multimodalidade e a aprendizagem incorporada.

Palavras chave: Museus - ciência - interatividade - multimodalidade.

[Las traducciones de los abstracts fueron supervisadas por el autor de cada artículo]
